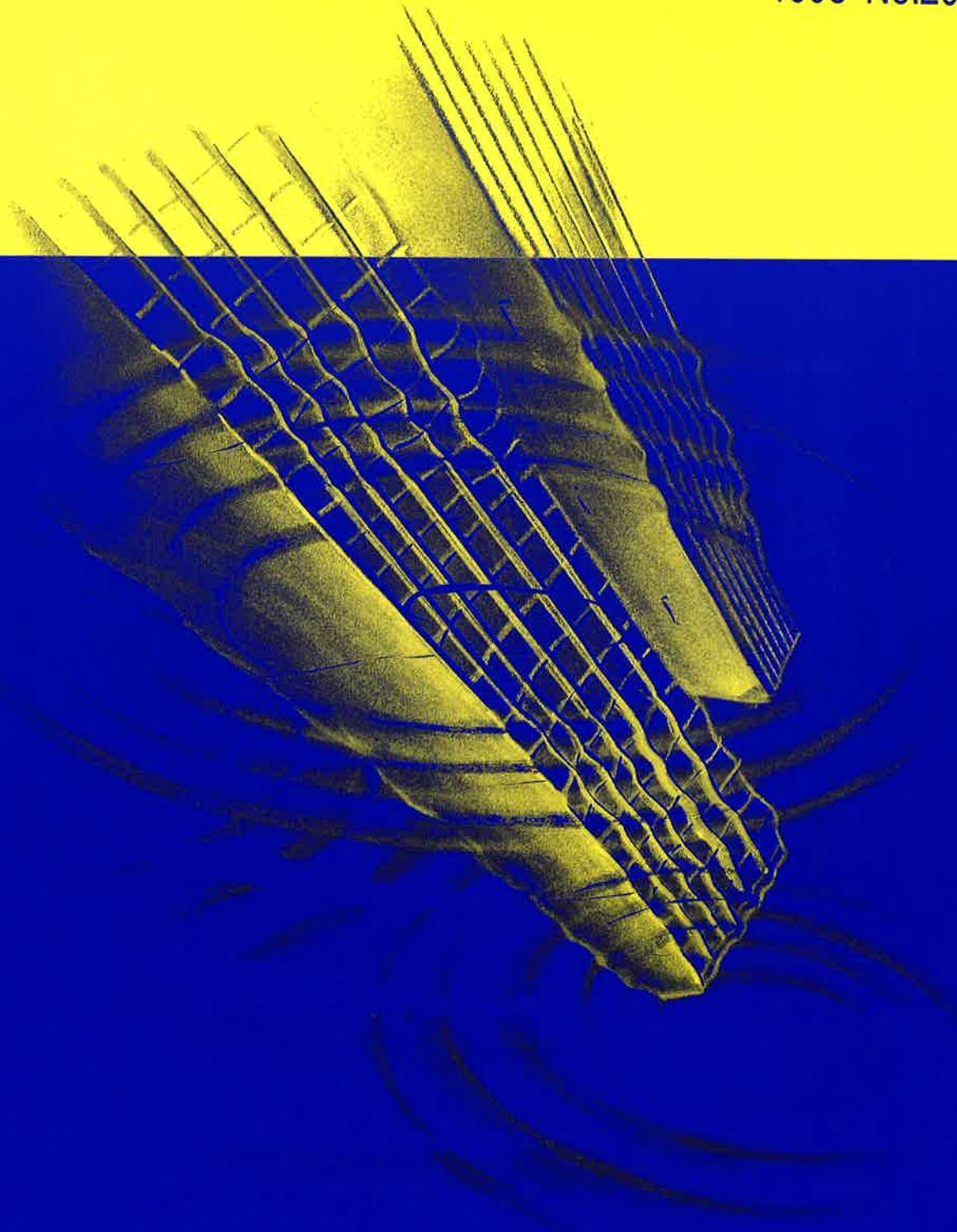


# MENSHIN

1998 No.20 春号



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

日本免震構造協会

# CONTENTS

<b>Preface</b>	Overture - Rise of Base - Isolation .....	3
	Hiroshi AKIYAMA      Tokyo Univ.	
<b>Highlight</b>	Magara Corp. R&D Center .....	4
	Kenji SAITO      NTT Facilities Corp. Kenjiro SAITO      NTT Facilities Corp. Nobuyuki TANAKA      Magara Corp.	
<b>Report 19</b>	Kajima Corp. TERRAHOUSE No.4 Minami-Nagasaki .....	10
	Hirokuni KATO      Nippon Steel Corp. Susumu NAKAGAWA      Nihon Sekkei Corp. Youji HOSOKAWA      Maeda Corp. Yoshihisa ATOBE      Dai Nippon Construction	
<b>Report 20</b>	Three Storied Wooden House .....	17
	Yoshihisa ATOBE      Dai Nippon Construction Youji HOSOKAWA      Maeda Corp. Hirokuni KATO      Nippon Steel Corp.	
<b>Series-Damper 7</b>	Sliding Hysteretic Damper (Part 1) .....	21
	Seiji TOMISHIMA      Taisei Corp. Minoru KOYAMA      Taisei Corp.	
<b>Special Contribution</b>	Think reflectively about Aseismic Design of Building Structures ...	26
	Masami HANAI      Kinki Univ.	
	Impression of Base Isolated Building .....	26
	Nobuo FUKUWA      Nagoya Univ.	
<b>Seminar Repoet (Q&amp;A)</b> .....		31
	Technology Committee	
<b>Special Committee Report</b>	Research for Maintenance of Seismic Isolated Buildings .....	38
	Maintenance Management Committee	
<b>List of Seismic Isolated Buildings in Japan</b> .....		44
	Akihiko OGINO      Bridgestone Corp.	
<b>Features Secretariat</b>	Nagahide KANI .....	47
<b>Committees and Their Activity Reports</b> .....		50
	<input type="radio"/> Technology <input type="radio"/> Maintenance Management <input type="radio"/> Standardization <input type="radio"/> Basis Arrangement <input type="radio"/> Public Information <input type="radio"/> Corporate Planning	
<b>New Member</b> .....		56
<b>Application Guide</b> .....		62
<b>Information</b> .....		67
<b>Postscript</b> .....		70

# 目次

巻頭言	序曲—免震構造の抬頭…………… 東京大学	秋山 宏	3
免震建築紹介	真柄建設技術研究所…………… NTTファシリティーズ 同 真柄建設	斉藤 賢二 斎藤 堅二郎 田中 伸幸	4
免震建築訪問記—⑱	鹿島テラハウス南長崎4号棟免震改修…………… 新日本製鐵 日本設計 前田建設工業 大日本土木	加藤 巨邦 中川 進 細川 洋治 跡部 義久	10
免震建築訪問記—⑳	3階建戸建て木造免震住宅…………… 大日本土木 前田建設工業 新日本製鐵	跡部 義久 細川 洋治 加藤 巨邦	17
シリーズ 「ダンパー」⑦	すべり摩擦履歴ダンパー (その1)…………… 大成建設 同	富島 誠司 小山 実	21
特別寄稿	耐震設計を再考する…………… 近畿大学	花井 正実	26
	免震建物について思うこと…………… 名古屋大学 先端技術共同研究センター	福和 伸夫	31
講習会報告	「積層ゴム専科編講習会」の報告…………… 技術委員会	講習会作業WG	38
委員会特別報告	免震建物の維持管理に関するアンケート調査…………… 維持管理委員会	維持管理標準WG	44
国内の免震建物一覧 (追加)	ブリヂストン	荻野 明彦……………	47
事務局特集	…………… 専務理事	可児 長英	50
委員会の動き	○技術委員会 ○維持管理委員会…………… ○規格化・標準化委員会 ○基盤整備特別委員会 ○広報委員会 ○事業企画委員会		53
委員会活動報告	……………		55
新入会員	……………		56
入会のご案内	……………		62
インフォメーション	……………		67
編集後記	……………		70

# 序曲—免震構造の抬頭

東京大学 秋山 宏



耐震世界にとって免震構造はどの様なでき事なのだろうか。秦の始皇帝による中国の統一か、イスラム帝国の興隆か、モンゴル帝国の出現か、コロンブスの新大陸発見に比すべきか。

耐震設計一世紀の歴史の中で、アイデアに終始するかに見えた免震構造は20年程の間に急速に開花し旗揚げを果たした。ノースリッジ地震、兵庫県南部地震は耐震設計の到着点を明らかにすることによって免震構造に祝福を贈った。設計界全体の性能設計への移行の風潮は免震構造にとって追風である。

耐震設計の地道な成長の陰で免震構造はなかなか芽が出てこなかった。飛躍のきっかけは積層ゴムアイソレータの登場によって与えられた。天然ゴムの軟らかさと並んで、鋼板に挟まれた天然ゴムの“漏れない水”としての三軸応力下における無限の強さが青銅器時代から鉄器時代への移行における鉄の強さと同じ意味をもたらしたのだ。

免震構造は耐震構造が目指す目標を更に高く掲げ、耐震設計が備えるに至った論理武装を借りて合理性を立証することに成功した。その結果として免震構造は今や耐震構造界の風雲児となった。

地上の構造物は全て重力の作用下にある。地震は招かれざる客である。耐震設計はこの招かれざる客を最小限にもてなす礼法として出発した。それは建築物と云う二つとして同一のものが無い一品生産品に対して用いる方法として客観性と広い適用性が要求され、度重なる震害経験の蓄積は耐震設計法の精緻化と複雑化をもたらした。しかし、地震は所詮招かれざる客として扱われ、重力を支える構造骨組は地震が訪れば何がしかの損傷を蒙ることを止むなしとする接待術として耐震設計法は発達した。

免震構造は、地震は必ず訪れるものと考え、これを迎える為の専用の客間を設けると同時に客間だけで客をもてなし、余所への客の侵入を許さない潔癖な態度で臨んだ。

耐震設計の黎明期から客の遇し方については硬軟いずれにすべきであるかについて柔剛論争が展開され、一般建築、超高層建築、原子力発電所やコンビナート

施設への耐震設計の適用の経過の中でその論争は高まり、一つの結論に導かれつつある。それは、硬い方が良い場合もあり、軟い方が良い場合もあり、いずれか一方で黑白がつくと云う問題ではないこと、また、硬と軟を合わせ用いると大変効果的であることである。この客の特徴は、常にエネルギーという土産を携えてくることである。この土産の大きさは訪問先の大きさに正比例している。一般にエネルギーは有効に使える形であれば有難いが、この場合は振動エネルギーと云う大変厄介な有難迷惑な形で頂戴することになる。何とかお断りできないかと云うことで“制震”と云う礼法も案出されているが、これを拒むことは殆ど不可能であるように見える。この土産は結局、有難くおし戴き、直後に小分けにして廃棄してしまうのが一番のようである。

弾性的に挙動する柔要素でエネルギーを受け止め、弾塑性挙動する剛要素で、これを吸収する柔剛混合構造がこの礼法の具体化である。免震層における積層ゴムアイソレータが柔要素でダンパーが剛要素を形成する。耐震構造においては、超高層建築の構造骨組は柔要素を構成し、骨組に組込まれた耐震要素は剛要素を形成する。1981年の新耐震設計導入以来、エネルギーを効果的に吸収させる立場から、耐震要素の適切配置に関する研究が進み、その過程で耐震要素を分散配置するよりも集中的に一箇所に配置し、そこに高性能の要素を設置した方が効果的である場合が多いことも明らかとなり、免震構造の優位性が立証されることとなった。

今後、性能設計の展開の中で、免震構造は燎原の火の如く耐震世界を席捲してゆくであろう。やがて免震建築の数が1%に達し、更に10%台に達する日が来るであろう。しかし、その時には免震構造は再編成された耐震世界の中で歴史的遺跡としての名を留めているだけでも知れない。免震構造が世界遠征する過程で旧耐震世界も目覚めヘレニズム時代を迎えるであろうし、様式化した免震構造は客にも誠意を疑われて力を失う一方、客の手土産を喜んで受けとれる時代がくるかも知れない。

いずれにしても免震構造の抬頭は耐震世界の躍動と再生への序曲である。

# 真柄建設技術研究所

NTTファシリティーズ 齊藤 賢二



同 齋藤 堅二郎



真柄建設 田中 伸幸



## 1. はじめに

阪神・淡路大震災を契機に、免震建物の計画が急増している。特に最近では戸建住宅など比較的小規模な建物への免震構法の採用も見られるようになってきている。FPS (Friction Pendulum System) も、主に軽量建物用に開発された免震部材である。

本建物は、真柄建設株式会社が自社研究施設として「いしかわサイエンスパーク」内に建設する免震建物であり、建築物としては国内で初めてFPSを免震部材として採用しており、平成9年9月に建設大臣認定を取得し、同11月に着工している。



図1-1 完成パース

## 2. 建築概要

本建物は石川県能美郡辰口町「いしかわサイエンスパーク」内に位置する。本建物は2階建てで主要用途は研究施設である。建物の平面形状は長辺方向を4スパン、短辺方向を1~2スパンとした整形な長方形とし、長辺28.0m、短辺12.8mとしている。

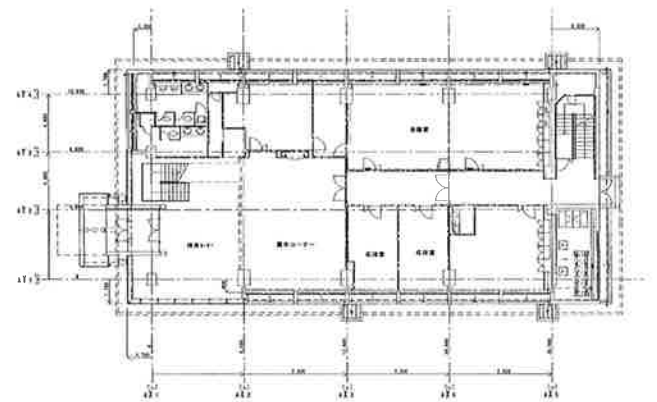


図1-2 基準階平面図

建築名称	真柄建設技術研究所
建築場所	石川県能美郡辰口町字旭台二丁目14番
地区地域	指定無し
建ぺい率	4.00% (法定40%)
容積率	7.40% (法定120%)
用途	研究所
建築主	真柄建設株式会社
設計・監理	株式会社 エヌ・ティ・ティ・ファシリティーズ 真柄建設株式会社一級建築士事務所
施工者	真柄建設株式会社
面積	建築面積 490.93㎡ 延べ面積 903.01㎡
階数	地上2階、地下なし、塔屋なし
高さ	軒高 8.60m 最高高さ 10.80m
構造	基礎 既製鋼管コンクリート杭基礎 上部 鉄筋コンクリート造 (はりの一部PRC造)

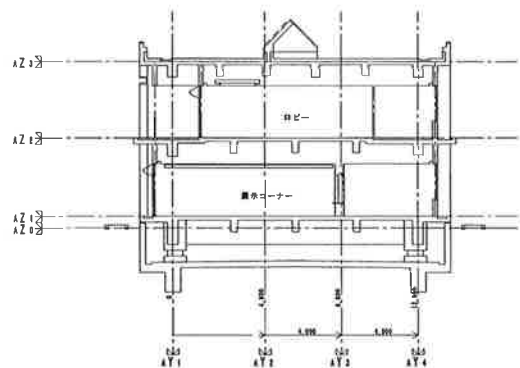


図1-3 断面図

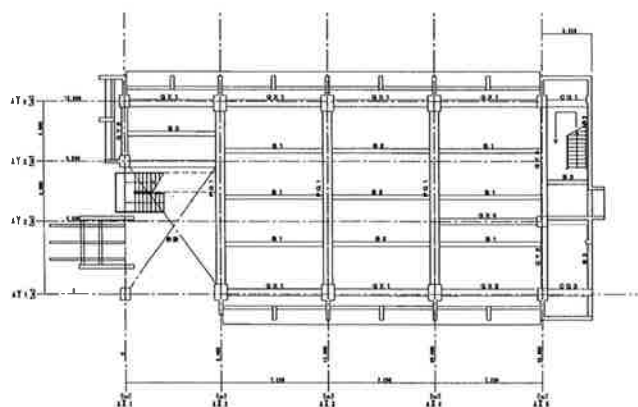


図2-1 基準階伏図

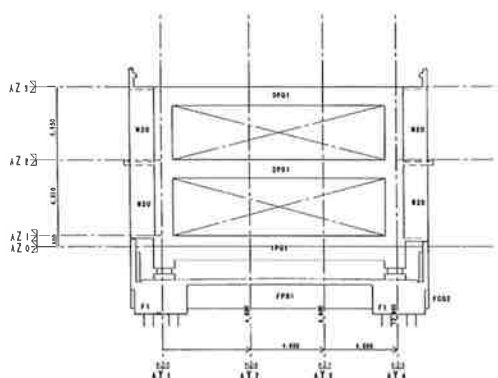


図2-2 軸組図

### 3. 構造設計概要

#### 3.1 上部構造の設計

上部構造は地上2階建の鉄筋コンクリート造(Y方向のロングスパンの大梁はPRC)であり、免震部材を設置する階層は1階床下とし、建物全体を免震化している。

上部構造はXY両方向ともラーメン構造とし、予備応答解析の結果により設計用せん断力係数を最下階で0.20、最上階で0.30の直線分布とした。

表3-1 構造設計目標

	レベル1	レベル2
上部構造	許容応力度以下	許容応力度以下
免震装置	許容変形量以下	許容変形量以下
基礎構造	許容応力度以下	許容応力度以下

許容変形量=35cm

#### 3.2 基礎の設計

基礎はGL-10m以深の凝灰岩層を支持層とする杭基礎(既製鋼管コンクリート杭基礎)とし、設計用震度は $K=0.3$ とした。

### 4. 球面滑り支承

#### 4.1 FPSの概要、特徴

FPSは球面滑り支承とも呼ばれ、振り子運動の原理を応用した免震部材である。図4-1にFPSの概略的

な構造を示す。FPSは板状の2つの部材(球面板)と、可動子により構成される。球面板の摺動面には特殊コートが施されており、低摩擦材および防錆処理材として用いられている。中程度以上の地震を受けた場合、可動子と球面板との間に滑りがおこり、摺動を開始する。このことにより、基礎地盤と建物との間に相対的な変形が許容される。可動体が凹球面上間を滑らかに動くことにより、基礎と建物の相対的な振り子運動が実現される。

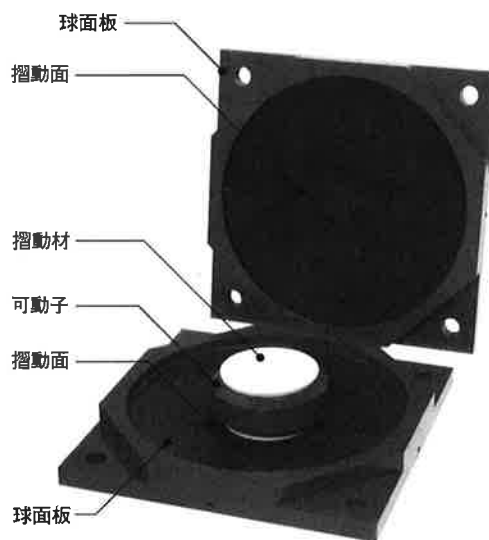


図4-1 FPS概略

FPSは、球面板の曲率半径寸法と摩擦係数を適宜に選定することにより、周期と摩擦減衰力を任意に設定することが可能となる。装置に設定される周期は球面部分の曲率半径により決定され、搭載する重量には依存しない。このため単体ごとの支持荷重が大幅に変化するような事例においても、個々の部材の基本的構造を変更することなく適用が可能となる。

#### 4.2 FPSの作動原理

##### 1) 作動のメカニズム

FPSに支持された構造物が地震動により水平方向に運動した時、上下球面板は水平に相対変位を強制される。可動子は上下球面板上を互いに円弧運動を起し滑動することとなる。このとき可動子は球斜面を上がる状態となり水平運動に対し、荷重 $W$ による水平方向成分が復元力として現れるとともに球面板と可動子の滑り摩擦抵抗が生じる。この復元力と摩擦抵抗力を免震部材の要素として利用している。

##### 2) 振り子理論

図4-2に単振り子の模式図を示す。重力 $W=mg$ 、張力(球面の反力) $Q$ 、糸の長さ(曲率半径) $l$ とすると、

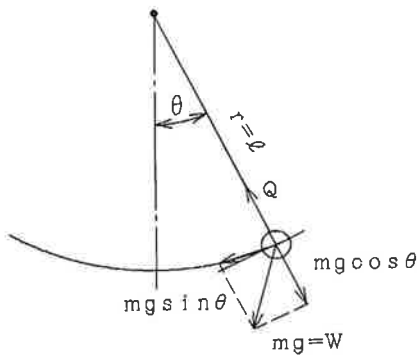


図4-2 単振り子模式図

運動方程式は、 $r = l$  (一定) で  $\theta$  の変数として表され、

$$r \text{ 成分: } m \cdot a \cdot r = m \cdot l \cdot \ddot{\theta}^2 = -mg \cdot \cos \theta + Q \dots\dots (1)$$

$$\theta \text{ 成分: } m \cdot a \cdot \theta = m \cdot l \cdot \ddot{\theta} = -mg \cdot \sin \theta \dots\dots (2)$$

角振幅が小さい時 ( $\theta \ll 1$ ) は (2) 式より、

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0 \dots\dots (3)$$

と近似することができる。

従って初期条件  $\theta_{t=0} = 0, \theta_{t=1} = \theta_0$  (振幅角) としてこれを解けば、変位角は

$$\theta = \theta_0 \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot t\right) \dots\dots (4)$$

となる。したがって周期は  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \dots\dots (5)$

で与えられる。(5) 式をバネ-質点系の固有周期と対比して分かる様に単振り子の質点  $m$  に作用する力  $K$  は、

$$K = \frac{mg}{l} = \frac{W}{l} \dots\dots (6)$$

で与えられ、履歴特性上の剛性として与えられる。

本FPSは上下の二滑動球面を有する。下球面板のみ支持された構造物の模式図を図4-3(a)に、上球面板のみで支持された構造物の模式図を(b)に示す。

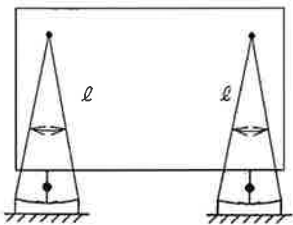


図4-3 (a) 下球面板

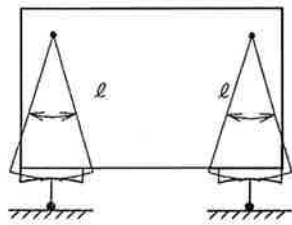


図4-3 (b) 上球面板

(a)、(b) いずれの取付様態をとってもFPSに支持された構造物の運動はあたかも構造物を長さ  $l$  のケーブルで吊上げた時の振り子運動を起こすこととなる。す

なわち、上下二球面で支持された構造物は一種の多段振り子状態となりその周期は2倍の  $l$  を有する振り子周期として与えられることになる。

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{2 \cdot l}{g}} \dots\dots (7)$$

また水平剛性  $K$  は、

$$K = \frac{W}{2 \cdot l} \dots\dots (8)$$

で与えられる。従って水平力  $H$  は、

$$H = \frac{W}{2 \cdot l} \cdot \chi \pm \mu W \dots\dots (9)$$

( $\chi$  は水平変位)

となる。

### 4.3 FPSの種類

現在FPSには2種類の機構が考えられている(図4-4、図4-5)。

片球面タイプは、摺動球面を一方のみに設定した形である。このため、球面板側の平面寸法を比較的大きく取る必要がある反面、保持板側は小さなスペースでも十分に取付け可能となる。この機構では長期供用における球面板の防塵保護の観点より図4-4に示すように球面板を上側に取付ける方法が有利となる。

両球面タイプは、他の免震方式(特に弾性支持型免震部材)と比較して、コンパクトに部材設計ができるFPSの長所をより明確にしたものである。摺動球面を上下に均等に取りることにより、片球面タイプと同じ絶対変位量にて2倍の相対変位を吸収することができるため、部材全体寸法がさらに小型化(半分の絶対変位量)されている。

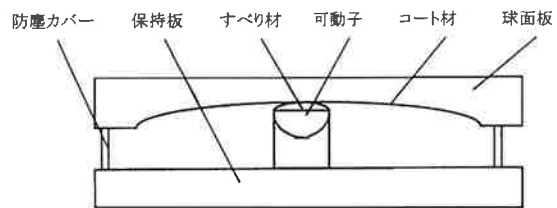


図4-4 片球面タイプ

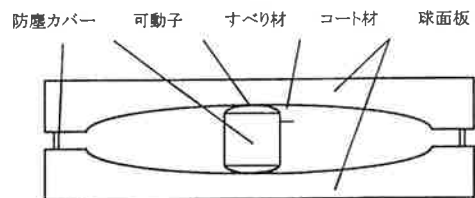


図4-5 両球面タイプ

4.4 FPSの性能確認

本物件に採用したFPSと同形状(φ350の滑り板)の部材を用いて試験した結果を図4-6に示す。

一般に樹脂系滑り材料は面圧が上がるほど、速度が下がるほど摩擦係数は低くなる特性を持っている。

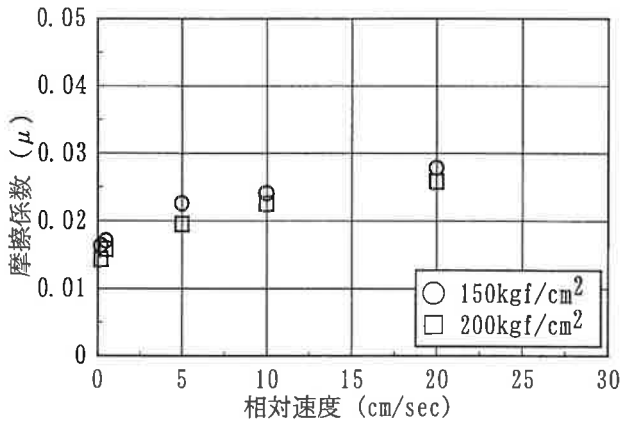


図4-6 FPSの速度特性

本部材は可動子が一定曲率半径をもつ球面板内を滑動するため、図4-7に示すように、いかなる滑動位置においても一定の復元バネを再現する。

図4-8に試験状況を示す。

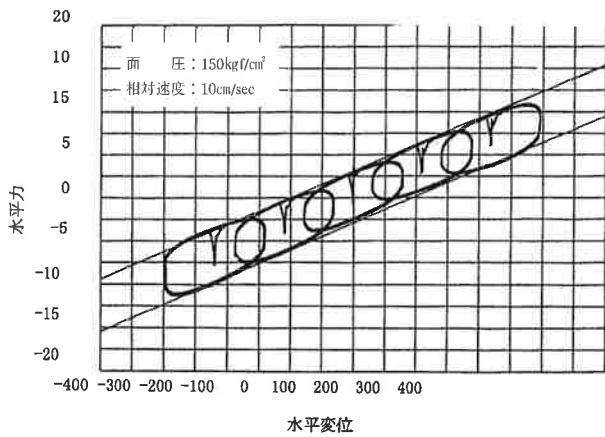


図4-7 復元バネ(第二剛性)の確認

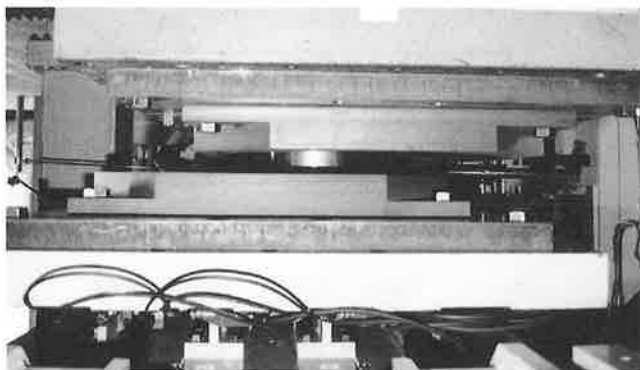


図4-8 試験状況

5 免震層の設計

5.1 滑り発生せん断力の設定

滑り材摺動試験及び予備振動解析の結果により、安

定した摩擦減衰効果を期待でき風荷重時に降伏しない範囲で、滑りせん断力(降伏せん断力)を設定した。

5.2 免震部材の配置

免震部材の配置は、以下の事項を十分に考慮し最適な配置とした。

- i) 全部材の面圧を均等にする。
- ii) 球面滑り部材の各変形時(微小変形~許容変形)において、免震層の偏心率が最小になるようにする。

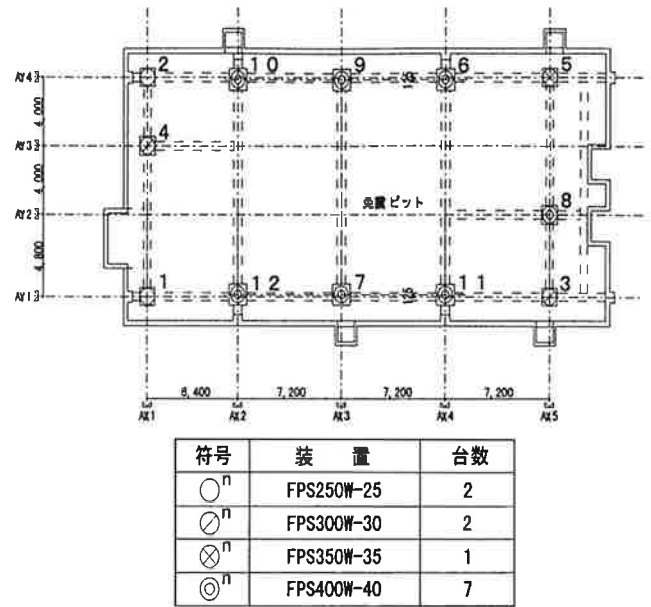


図5-1 免震部材配置図

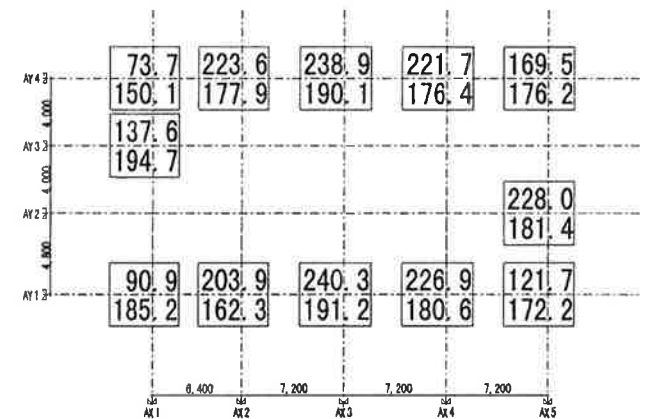


図5-2 免震部材の支持荷重及び面圧 上:支持重量(t) 下:面圧(kg/cm²)

表5-1 免震層の偏心率

加力方向	段階	重心	剛心	偏心距離	弾性半径	偏心率
X	1cm変形時	1,521.6	1,506.2	-15.5	1,128.2	0.0004
	25cm変形時	1,521.6	1,521.4	-5.2	1,117.6	0.0011
Y	1cm変形時	614.2	614.2	-1.2	1,128.2	0.0047
	25cm変形時	614.2	614.2	-0.3	1,117.6	0.0137



5.3 固有周期の設定

免震層の復元力特性は摩擦係数に速度依存性を考慮したバイリニア型とする。第2勾配は接線剛性で周期4.49秒とし長周期化を図り、第1剛性は第2剛性の1,000倍とした。

6 地震応答解析

6.1 解析モデル

応答解析モデルは、図6-1に示すように上部構造2層に免震層1層を加えた3質点系等価せん断モデルとし、上部構造は弾性、免震層は図6-2に示す摩擦係数に速度依存性を考慮したバイリニア型の復元力特性とした。

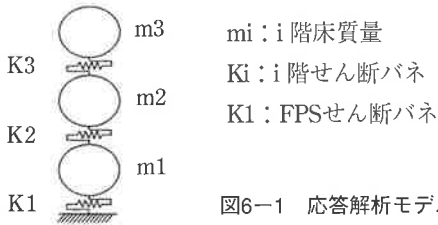


図6-1 応答解析モデル

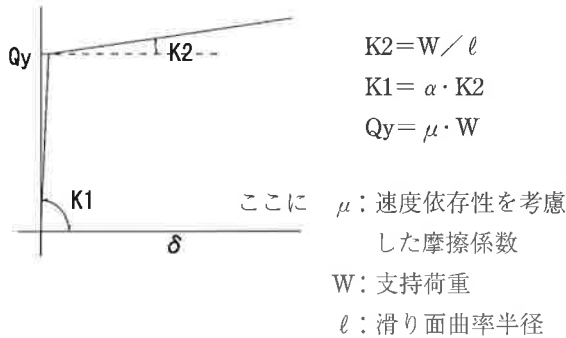


図6-2 免震装置の復元力特性

6.2 固有値解析結果

表6-1に基礎固定時、15cm変形時(レベル1)及び25cm変形時(レベル2)の固有値解析結果を示す。

表6-1 固有値解析結果

免震構造の変位レベル (FPSの剛性)	周期振動数 刺激係数	X方向			Y方向		
		1次	2次	3次	1次	2次	3次
上部構造体の剛性 (K-fix)	T(s)	0.398	0.150	—	0.359	0.134	—
	f(Hz)	2.515	6.659	—	2.786	7.444	—
	$\beta$	1.169	0.412	—	1.166	0.386	—
15cm変形時 等価剛性	T(s)	3.411	0.255	0.135	3.408	0.228	0.122
	f(Hz)	0.293	3.921	7.394	0.293	4.387	8.183
	$\beta$	1.007	0.008	0.002	1.006	0.006	0.002
25cm変形時 等価剛性	T(s)	3.744	0.255	0.135	3.741	0.228	0.122
	f(Hz)	0.267	3.919	7.394	0.267	4.385	8.182
	$\beta$	1.006	0.006	0.002	1.005	0.005	0.001

6.3 設計用入力地震動

表6-2に設計用入力地震動を示す。標準的な3波に加

え当該地域に発生するであろう地震を想定し、敷地の地盤特性を考慮して作成した模擬地震動を設計用入力地震動として採用した。模擬地震動は河野、土肥、松田<sup>1)2)</sup>による波動伝播理論に基いた理論地震評価法により作成した。

表6-2 設計用入力地震動

記録地震動	入力地震動	レベル1 25 (cm/s)	レベル2 75 (cm/s)
	記録地震動	EL CENTRO 1940 NS	255.4 (cm/s <sup>2</sup> )
TAFT 1952 EW		248.4 (cm/s <sup>2</sup> )	745.1 (cm/s <sup>2</sup> )
HACHINOHE 1978 EW		160.1 (cm/s <sup>2</sup> )	495.2 (cm/s <sup>2</sup> )
模擬地震動	MOGI-X	712.4 (cm/s <sup>2</sup> ) 46.3 (cm/s)	
	MOGI-XO	604.4 (cm/s <sup>2</sup> ) 44.0 (cm/s)	

6.4 応答解析結果

1) 水平地震動

図6-3にX方向(長辺方向)の各層の最大応答せん断力係数、最大応答変位及び最大応答加速度を示す。上部構造の最大応答せん断力係数は、レベル1及びレベル2で設計せん断力係数以下であり耐力上十分な安全性を有している。最大応答加速度はレベル2でも137.8 (cm/sec<sup>2</sup>)と小さく、入力地震加速度の約1/4~1/5となっており、十分な免震効果が現れている。また、免震層の最大応答変位はレベル2で最大18.2cmで許容変形量以下であり、十分な安全性を有している。

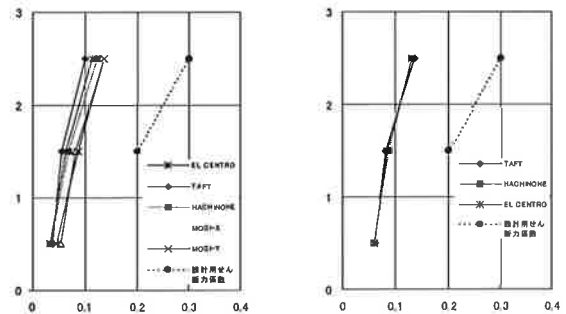


図6-3(a) 最大応答せん断力係数

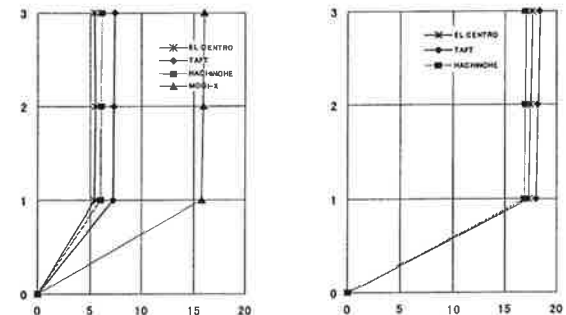


図6-3(b) 最大応答変位 (cm)

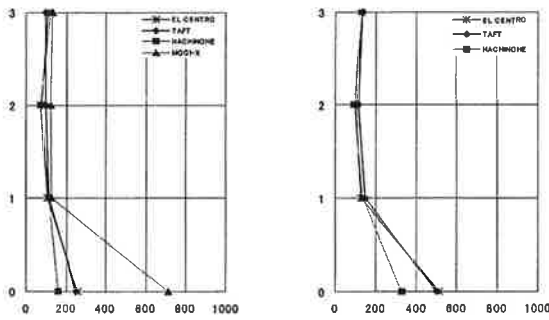
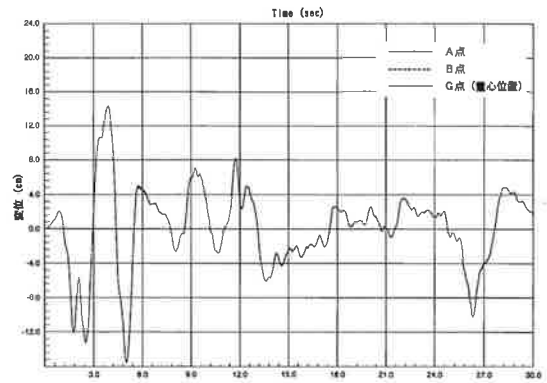


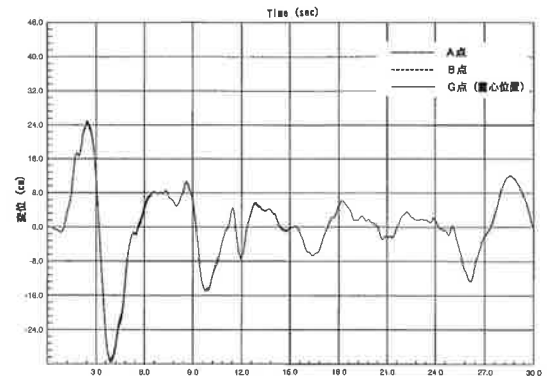
図6-3(c) 最大応答加速度 (cm/s<sup>2</sup>)

### 2) 捻れ振動に関する検討

免震層の偏心の影響による免震層の捻れ振動の検討を行った。解析モデルを図6-4に示す。上部構造を3次元立体弾性モデル、免震部材の復元力特性はノーマルバイリニア型とし、降伏せん断力には速度と面圧依存性を考慮している。入力地震動は、レベル2相当の水平動入力としX・Y両方向について解析を行った。1階床レベル変位応答時刻歴を図6-5に示す。1階床レベルの建物対角位置A・B及び建物重心位置Gにおける変位は、若干の捻じれによる影響は見られるものの、変形量は許容変形量を下回っており、捻れの影響は小さい。



捻れ振動時



水平動+上下動加力時

図6-5 1階レベルの変位応答時刻歴

### 3) 水平動+上下動に関する検討

地震時の転倒モーメントによる軸力変動と地震上下動による面圧変動の影響に関する検討を行った。解析モデルは「2) 捻れ振動に関する検討」と同じとし、レベル2相当の水平動及び上下動の同時入力により解析を行った。1階床レベル変位応答時刻歴を図6-5に示す。最大変位は面圧の軸力変動及び上下動の影響による摩擦係数の低下により、やや大き目の応答値となっているが、許容変形量を下回っており、水平動+上下動の応答による影響は小さく、設計用振動解析モデルで基本応答性状は、十分評価できると考えられる。

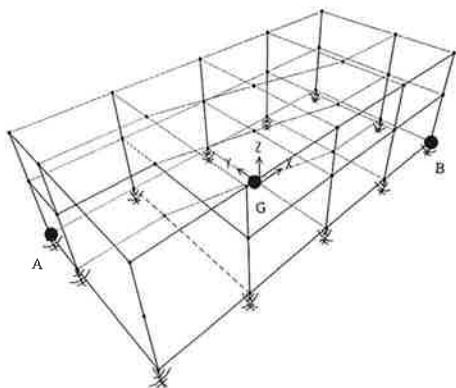


図-6-4 解析モデル

## 7 おわりに

本稿では、球面滑り支承による免震構法の適用例を紹介した。振り子の原理を利用した本構法は、建物重量に左右されず、本建物のように小規模な建物に対しても長周期化が可能である。部材構造がシンプルでコストも低廉であり、今後戸建住宅等軽量な建物の免震構法に大いに利用価値があると考えられる。

#### 参考文献：

- 1) 土肥・河野・松田/「兵庫県南部地震における多点観測記録の同時シミュレーション」建築学会 梗概集1996
- 2) 土肥・河野・松田/「地震動モデルによる千葉県東方沖地震の予測的検証」建築学会 梗概集

# 鹿島テラハウス南長崎4号棟免震改修

新日本製鐵 加藤巨邦 日本設計 中川 進 前田建設工業 細川洋治 大日本土木 跡部義久



## 1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、既存建物の耐震改修も盛んに行われるようになってきました。中でも免震レトロフィットは、少しずつではありますが着実に増えてきているように思われます。最近では、建物を常時使用しながら免震化工事を終えてしまおうとする試みが始まっており、注目を集めています。

今回は、居住者が暮らしながら免震改修工事を行う共同住宅としては国内では初めての事例ということで、東京都豊島区で施工中の「鹿島テラハウス南長崎4号棟」を訪問しました。

当日はあいにくの雨となりましたが、鹿島建設(株)の三浦さんに案内をお願いして、須賀川広報委員長及び担当者の中川、細川、跡部、加藤、そしてオブザーバーとして猿田の合計6名で当改修工事現場を訪問しました。

## 2. 既存建物の概要

既存建物は、1961年5月に竣工し36年9ヶ月経過している、RC造地上5階建ての共同住宅(鹿島の社宅)である。建物概要を表-1に示す(写真-1参照)。

表-1 建物概要

所在地	東京都豊島区南長崎6丁目3-4
建物用途	寄宿舎(社宅)
竣工	1961年5月(免震化完成1998年5月)
築年数	36年
敷地面積	859.76㎡
建築面積	428.57㎡
延床面積	1,690.99㎡
基準階面積	318.46㎡
階数	地上5階(地下ナシ)
階高	2.6m(基準階)、3.0m(1階)
軒高	13.70m
構造種別	鉄筋コンクリート造
骨組形式	スパン方向:耐震壁付ラーメン構造 桁行方向:純ラーメン構造
基礎種別	独立フーチングによる直接基礎



写真-1 改修前の建物外観

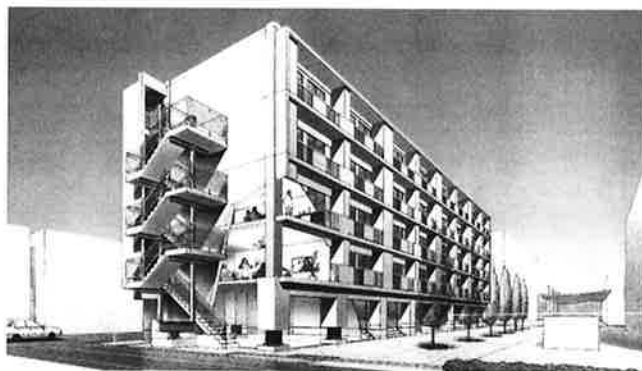


図-1 免震改修後の外観パース

## 3. 免震化改修の計画

今回の免震化改修において、以下のような計画を行った。

- 1) 居住者の引っ越しがないように、生活スペース(2~5階)を補強しない。
- 2) 本建物の1階柱脚部分を切断し、地上部分で免震部材を設置する。
- 3) 本体側の免震化に伴い、外部階段も免震層の水平変位に追従させる必要があるため、RC造の外部階段を解体して、S造の外部階段に作り替える。
- 4) 改修工事中の建物の耐震安全性能は、既存建物と同等とする。
- 5) 工事中の日常生活への影響を最小限にするため、低騒音・低振動型機械を採用する。

4. 免震化改修の設計

免震化改修を行う際の設計の目標として、設計クライテリアを表-2のように設定し、本建物の安全性の確認を行った。

設計用層せん断力係数は、予備応答解析によりレベル2(地表面速度値：50cm/sec)応答を概ね上回るように設定した(Ci=0.135~0.19)。

表-2 耐震性能目標値

検討用地震動の入力レベル(最大速度)	設計目標		
	上部構造	免震部材	下部基礎構造
レベル1 (25cm/sec)	短期許容応力度以内	—	短期許容応力度以内
レベル2 (50cm/sec)	弾性限耐力以内 層間変形角 ≤1/200	最大相対水平変位は24cm以内で、積層ゴムに引き抜き力が生じない	短期許容応力度以内

尚、解析モデルは、5質点等価せん断型ロッキング・スウェイモデルとした。

表-3に免震部材の概要を示す。

また、図-2、3、4に、免震改修後の立面図、1階平面図、断面図を示す。

表-3 免震部材概要

各柱下 (本体側)	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉛プラグ入り積層ゴム (LRB) 直径600φ (鉛プラグ径：100φ)、18体 ゴム 総厚：20cm、製品高さ：50cm 終局限界変形：48cm (γ=240%) 安定変形：24cm (γ=120%)</li> </ul>
外部階段下	<ul style="list-style-type: none"> <li>すべり支承 直径126φ (積層ゴム)、2体 すべり材：PTFEにグラファイトとグラスファイバーを混ぜた物126φ 相手材：SUS316 100cm×100cm</li> </ul>

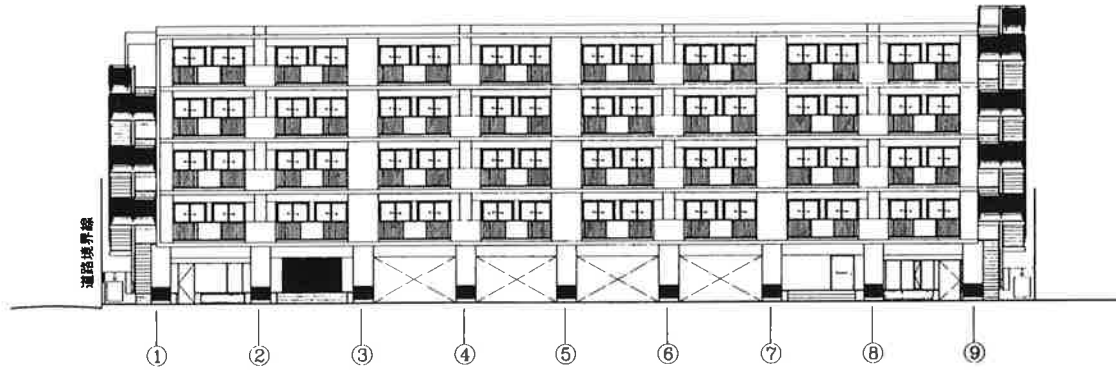


図-2 立面図

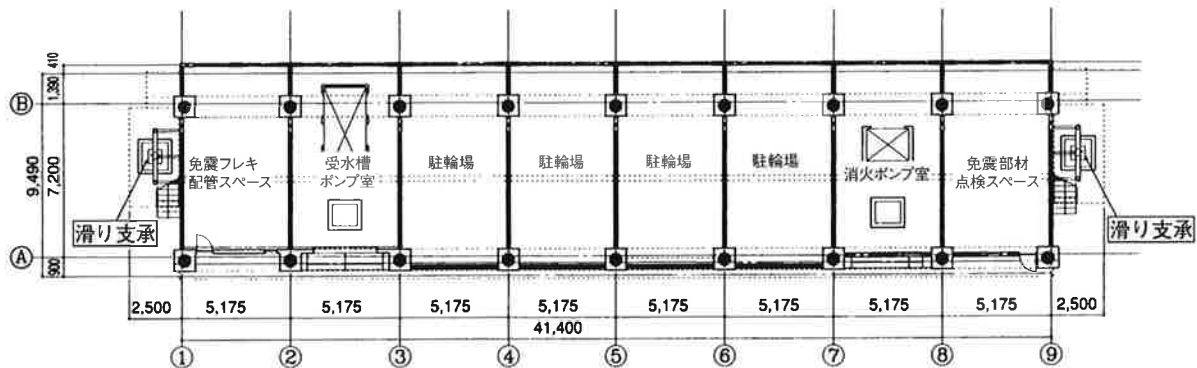
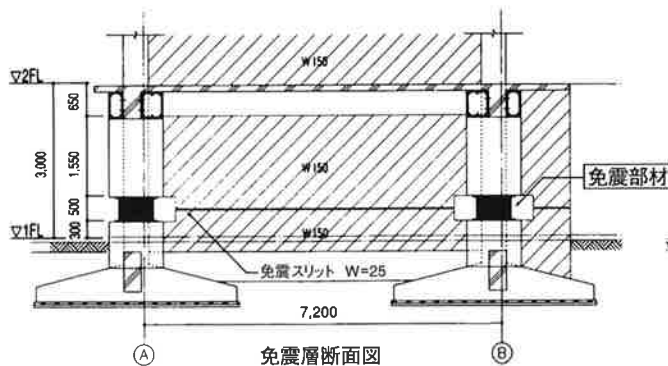
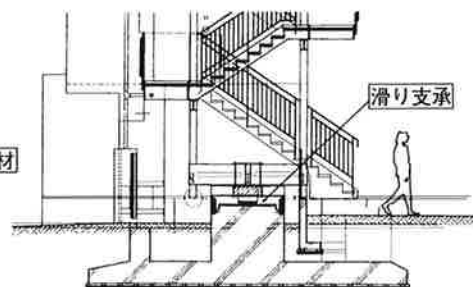


図-3 1階平面図



免震層断面図



外部鉄骨階段・滑り支承断面図

図-4 断面図

5. 施工方法

図-5に、施工手順を示す。

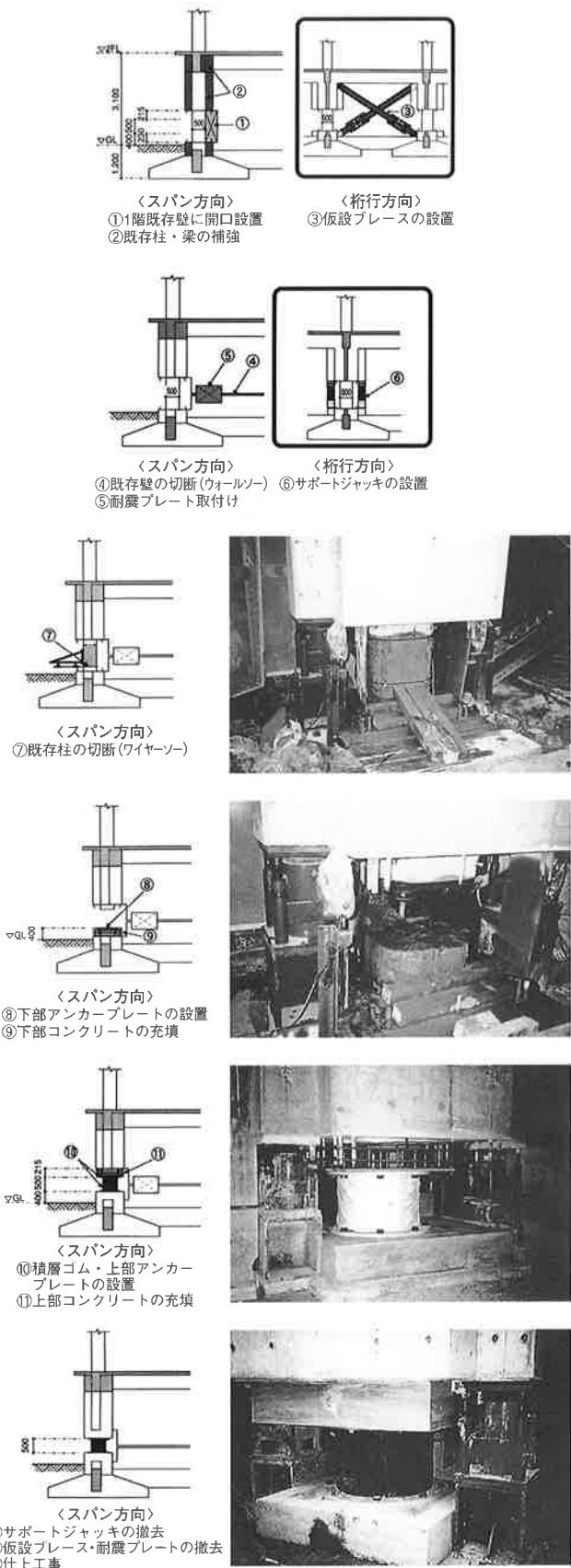


図-5 施工手順

6. 訪問談話

始めに、本建物の免震化改修の設計者である鹿島建設(株)構造設計部の富田昭夫さん、荒木玄之さんから、ビデオによる説明を交えながら設計についてのお話を伺いました。

鹿島建設では、既に自社の全施設を対象に耐震診断を行っており、必要に応じて耐震補強を行っているそうです。

特に、どのような耐震補強を行うにしても「居ながら補強」を実践していく方針で、本建物もこの「居ながら補強」シリーズの一環で「居ながら免震補強」を行っているとのことでした。

本建物は昭和36年に竣工した建物で、耐震診断の結果、Is値(構造耐震指標)が0.6以下となり、免震補強をして耐震改修促進法の認定(豊島区)を取得することにしたそうです。

「免震補強に際しては、本建物が独立フーチングによる直接基礎で地下階がなく、また、たまたま1階の用途が書類の倉庫であったため、1階の柱脚部分に免震部材を設置することにした。また、免震部材を地上階に設置するため、防災性能評価が必要になった。更に、住みながらの工事ということで、仮使用の認定も取ることになった。」とのことでした。

以下に、構造評定取得から仮使用の認定取得までのスケジュールを示します。

免震構造評定 [1997年2月28日]

↓ 約2ヶ月

防災性能評価 [1997年4月25日]

↓ 約3.5ヶ月

大臣認定 [1997年8月7日]

↓ 約2ヶ月

耐震改修計画の認定(豊島区) [1997年10月9日]

↓ 約1ヶ月

仮使用の認定(豊島区) [1997年11月6日]

「本建物の免震改修計画においては、建設省、東京都、豊島区との間で種々協議を繰り返しながら進めたため、免震構造評定取得から仮使用の認定取得まで約8.5ヶ月かかったが、今後はもっと短縮できるであろう。」とのことでした。

本改修工事では、本体建物の各柱下に減衰機能一体型のLRB(直径600φ)を用いています。また、「建物の両妻側にある外部階段に関しては、本体側の免震化に際して、道路境界線や隣接して建っている建物(3号棟)とのクリアランスの問題もあり、RC造の階段を解体し、

S造の階段を設置することにした。そして、そのS造の外部階段1体あたりの重量は約13tと軽量のため、この荷重をすべり支承1台で支えながら水平変位に追従させることにした。」そうです。

ちなみに、上部構造と隣棟との隙間は、「40cm以上」とされているそうです。

また、「本建物の応答解析の結果、地表面入力加速度が500galの場合、建物頂部において、免震構造とした場合：約150gal、非免震構造とした場合：約1200galとなり、応答加速度は大きく低減されている。また、レベル2での免震部材の最大応答水平変位量は、20cm以内に収まっている。」とのことでした。

本物件では、免震部材を地上（1階の柱脚部分）で使っているため、耐火被覆が必要になってきます。当初はセラミックファイバーのブランケットで被覆することも考えたそうです。しかし、本建物では人目につくところに耐火被覆を設けることになるため見た目にも悪く、また点検時の取り外しなどを考えると困難であると判断し、今回は、図-6に示すようなPC版で周囲を覆うことを考案したそうです。

「このPC版には、免震層の水平変位に追従するように、そのほぼ中央にスリットを設けている。そして、そのスリット部には耐火ガasketを設置し、更に火災時には膨張するグラファイト系の発泡材を設けてある。」とのこと（図-7参照）。

また、1階部分の両端に、免震部材、設備配管等の点検スペースを設けて、開閉式のドアから出入り出来るようにしたそうです。その際、図-8に示すように、地上から立ち上がっている非免震部分にドアの自閉式ヒンジを設けて、更に、PC版の中央部分に設けた動き代部分である免震スリットを、ドアの上部に移して免震層の水平変位に追従するような「免震ドア」も今回考案されたそうです。

次に、改修工事中における建物の耐震安全性に関しては、既存建物と同等となるようにするため、スパン方向に対しては、耐震壁を切断後、壁1枚につき「耐震プレート」を3枚取り付けましたそうです。また、桁行方向に対しては、フーチングまで掘り下げて、「耐震ブレース」を6ヶ所取り付けましたそうです。

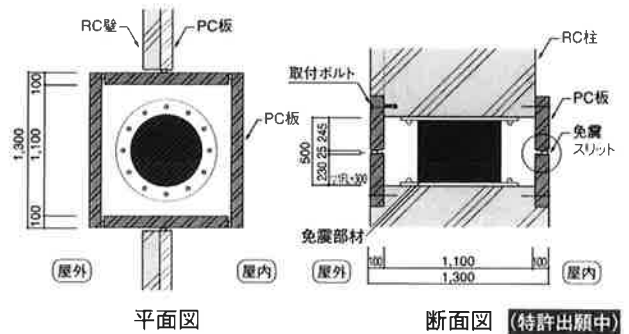


図-6 免震部材の耐火被覆

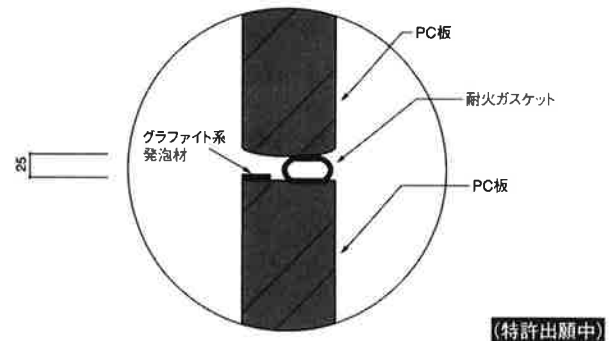


図-7 免震スリット部の耐火区画

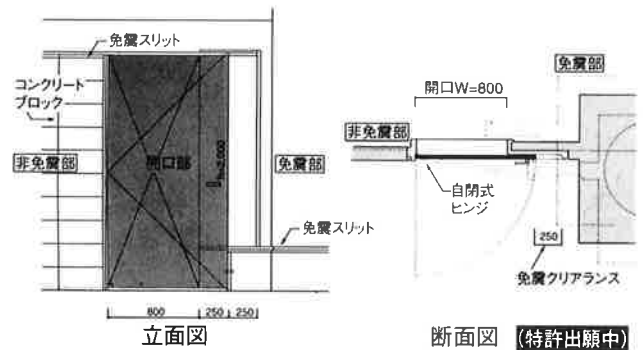


図-8 免震ドア

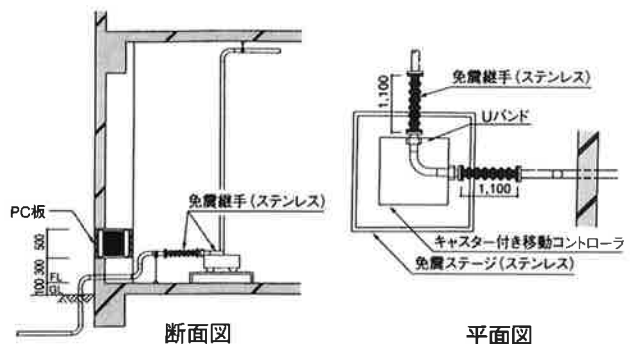


図-9 設備配管の免震継手

次に、本現場の工事課長である朝日昭博さんから、施工についてのお話を伺いました。

1997年11月7日に工事を着工。「始めに、仮設の鉄骨階段を設けて仮使用の承認を取った。これは、建物の両妻側にある外部階段を解体する際に、避難経路の問題から同時に解体することが出来ず、この仮設階段を使用しながら、外部階段を1体ずつ解体・付け替えをしていかなければいけなくなったからである。従って、本免震改修工事の全体工程は、ほぼこの階段工事で決まっている。」とのことでした。

柱・壁の切断に関しては、工事中の日常生活への影響を最小限にするため、騒音・振動に対して十分に配慮されたそうです。

そのため、「事前に機械類を現場に持ち込んで試験施工を行い、居住者に対してアンケート調査を行った。その結果、最も低騒音で低振動の施工機械として、壁の切断には「ウォールソー」を、柱の切断には「ワイヤーソー」を選定した(共に、先端にダイヤモンドチップが付いたもの。)」とのことでした。

また、「実際の工事では、アンケート調査を行った時のように1台だけで使用することはなく同時に数台使用するため、工事中は日常的に騒音・振動を測定している。更に、現場事務所を改修工事を行っている建物の3階の一室に設けて、工事関係者自ら、騒音・振動を体感している。」とのことでした。

「スパン方向の耐震壁の切断に関しては、1FLから約500mm上がったところでスリット幅25mmで切断した。その際、25mm間隔の両スリットは同時に切断を行った。その後、耐震壁1枚に付き「耐震プレート」を3枚設置した。「耐震プレート」の取付部に関しては、上下方向を長穴にして水平方向だけ効かずディテールにしている。」とのことでした。

次に柱の切断に関してですが、「柱1本あたりの軸力は約120tであるため、既存柱の補強したところに柱1本あたり100tジャッキを2台用いて支持するようにした。そして、柱切断後は、このジャッキで鉛直変位を管理している。今回、60cm角の柱を切断するのに要した時間は約30分であった。切断後は、切断部分を3~4分割して取り出した。」とのことでした。

また、「免震部材(LRB)の挿入に際しては、建物の外周部からフォークリフトで行った。積層ゴムに鉛直荷重が作用すると、1.3~1.5mm縮むものと予測されたため、柱切断後、更に1.0mm程度持ち上げて行った。」とのことでした。

免震部材の据え付けは、2体、8体、8体のグループ分けで行われたそうです。そして、鉛直方向変位の管理に関しては、壁に鉋を打って「ミクロンストレインゲージ」によって行われたそうで、当初は、管理目標値を±2.0mm以内としたそうですが、現状では±1.5mm以内に収まっているそうです。

また、「柱切断の際に用いるジャッキに関して、当協会主催で米国に免震レトロフィットの調査に行った際に、米国ではフラットジャッキが多く使用されていた。従って、当初は本現場でもそれで検討したが、コスト的に高かったこともあり、ニューサポートジャッキを用いることにした。」とのことでした。

設備配管に関しては、可撓継手部を出来るだけ低減させるように、1階天井に1つにまとめ直して横引きをし、建物の一番端に集中させたそうです。

「最後の結び込みの時だけ、電気・ガス・水道等の設備関係を一時中断することになる。」とのことでした。

建物の改修後は、1階部分を駐輪場その他で使用していく予定だそうです。

以上のようなことを室内で説明していただき、その後、構造設計部の上野正夫さん、建設技術本部リニューアルセンターの阿部幸夫さんにも加わっていただき、改修工事現場を案内していただきました。



写真-2 既存柱・梁の補強状況(配筋時)



写真-3 既存柱・梁の補強状況(コンクリート打設完了時)

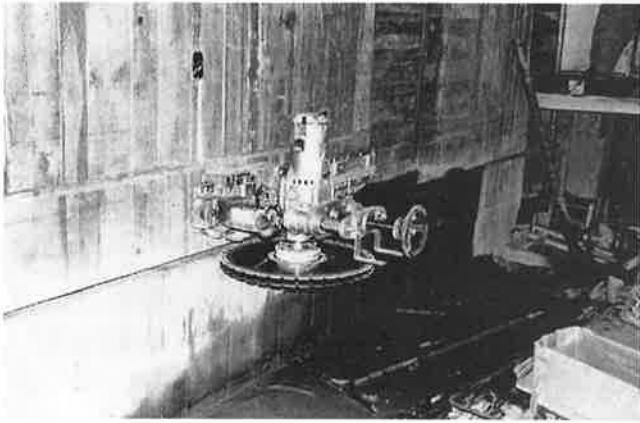


写真-4 既存壁の切断状況(ダイヤモンドウォールソー)

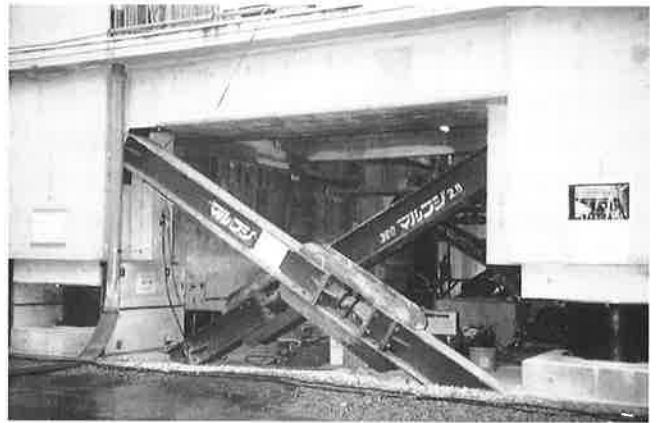


写真-8 仮設耐震ブレース設置状況

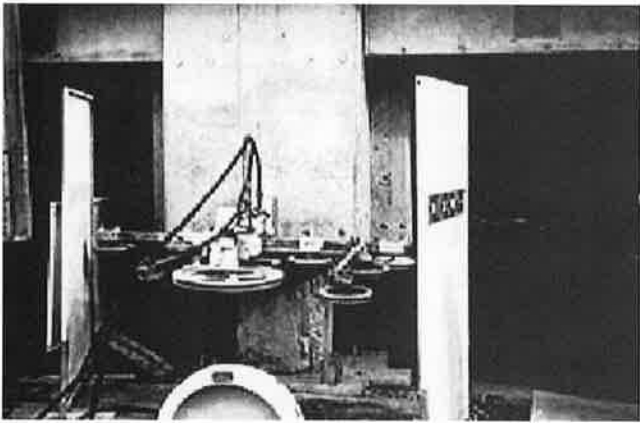


写真-5 既存柱の切断状況(ダイヤモンドワイヤーソー)

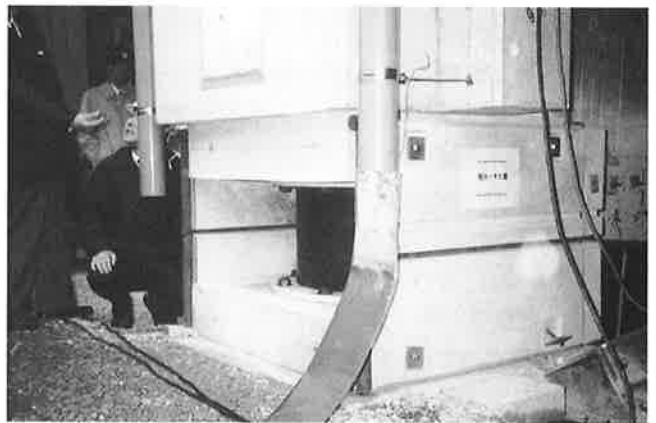


写真-9 PC版と積層ゴムアイソレータ

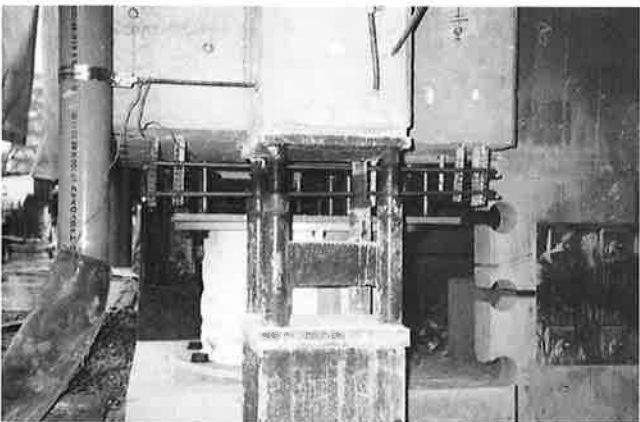


写真-6 ニューサポートジャッキ設置状況

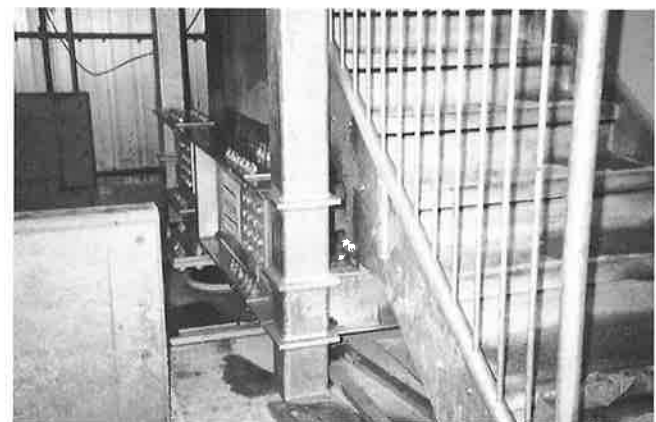


写真-10 外部鉄骨階段とすべり支承



写真-7 仮設耐震プレート設置状況

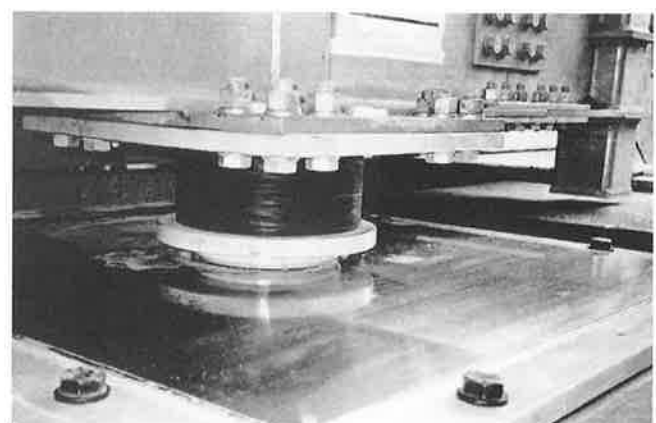


写真-11 すべり支承(積層ゴムとステンレス板)



改修工事現場を見学後、室内に戻って以下のようなお話をお聞きしました。

本工事に先立って住民にアンケート調査をしたところ、「住みながらの工事に対しては、工事建物が建設会社の自社社宅でもあり、会社を信用してか工事の不安感に対する意見はなかった。むしろ、一般の工事と同じように工事中の安全（人の通行や子供たちの遊び場など）に対する要望が多かった。」そうです。

また、「今回は、たまたま1階が書庫であり、また直接基礎でもあったため、免震部材を1階柱脚部分にセットすることができました。従って、本改修工事費は、34万円/坪（階段別）で済みました。基礎部に免震部材をセットするとしたら、今回の工事費の約1.5倍の費用がかかると思われます。」とのことでした。

最後に、設計者の方から次のような言葉をいただきました。

「本物件の工事を行ったことで、建物を使用しながら免震改修工事を行うことに関して、道は開けたと思っています。」



写真-12 お話を伺った方々と一緒に

## 7. おわりに

阪神・淡路大震災以降、歴史的建造物や既存の公共施設に対して耐震改修工事を実施しようとする動きが出てきていますが、その際、改修工事のためにレイアウトを変更しなければいけなくなったり、床面積が減少したりするのでは、それは適切な工法とは言えないように思われます。更に、引っ越しのために客先へのサービスが低下するようではなおさらだと思われます。

その点、今回のように生活（執務）スペースを補強しない免震改修工法ならば上記のような欠点も解消されるのではないのでしょうか。

また、一般的に、免震工法にするとコスト的に高くなるのでは、と敬遠されがちですが、今回のように建物を使用しながら改修工事を行える免震工法ならば、引っ越し費用までを含めた総工事費で比較すると、在来の耐震改修工事とはほとんど差がないのではないかと思います。

最後になりましたが、お忙しい中、貴重なお話を聞かせていただきました関係者の方々に感謝の意を表します。

# 3階建戸建て木造免震住宅

大日本土木 跡部義久

前田建設工業 細川洋治

新日本製鐵 加藤巨邦



## 1. はじめに

免震構造評定も500件を超え、特に共同住宅への普及は1995年の兵庫県南部地震を契機として急増し免震建築の普及が進んでいます。

一方、戸建て住宅への普及はまだ緒についたばかりの感です。戸建て住宅の評定件数を調べると、1997年12月までの完了件数は6件、そのうち木造が5件、鉄骨造が1件です。しかも先の兵庫県南部地震以降でも4件で、共同住宅の急増に比べ極めて少ない現状です。

この現状を踏まえ、戸建て住宅への免震構造の適用を考えてみると、適用に際しての課題が幾つかあるように思います。これらの課題として、戸建て住宅は軽量であり、従来の積層ゴムでは免震性能があまり発揮できないこと、敷地面積が狭いため免震クリアランスの確保が困難なこと、さらに強風時の対策が必要なことなどが挙げられる。

当協会においても、これまでのビル免震のみならず戸建て免震住宅の適用に関して本年度より調査研究を開始する方針が打出されたこともあり、戸建て免震住宅の実状を紹介することも必要と考え今回の訪問となりました。今回の訪問は、昨年12月に完成した渋谷区内の戸建て免震住宅です。この免震住宅を建てられた方は、建築構造の研究者でありますので免震建築に対するご意見がうかがえるものと期待して訪問しました。

訪問は、2月28日に細川洋治委員(前田建設工業)、加藤巨邦委員(新日本製鐵)と跡部(大日本土木)で行いました。

ご主人から評定資料に基づき、建物概要及び施工状況の説明をうかがった後、免震層および各部屋等をご案内いただきました。

## 2. 建物概要

本住宅は、2世帯の戸建て住宅であり枠組壁構造(ツーバイフォー)の木造3階建てのL字型の住宅です(写真-1)。

建築面積：93m<sup>2</sup>

延床面積：263m<sup>2</sup>

構造：枠組壁構造、免震構造

階数：地上3階

設計：スミリンツーバイフォー、住友建設

施工：スミリンツーバイフォー、住友建設

総重量：約80ton



写真-1 建物全景

## 3. 免震構造概要

### 1) 免震部材等の概要

本住宅に使用している免震部材は、住友建設が開発したCLB (Cross Linear Bearing) 免震構法(ベアリング免震構法)が採用されている。

このCLBは、図-1に示すような動摩擦係数が非常に小さい(摩擦係数0.005)直動体を互いに直角に組み合わせたものです。

このCLBが、基礎と免震フレームと呼ばれる鉄骨フレームの間及び地上部に駐車スペースがあるため駐車スペース上部と2階床下の間に15台設置されている(写真-2)。また減衰・復元装置として直径10cmの鉛プラグ入り積層ゴム(LRI)7台が設置されている(写真-3)。

また想定以上の巨大地震に対しては、免震部材に過大な変形が生じないように防舷材を取付けたバックアップ装置を4箇所配置されている。このバックアップ装置には左右同時に作動するジャッキも取り付けられており耐風装置として風速20m/s以上の風に対して手動操作で建物を固定するようになっている。

2) 設計及び解析の概要

基礎固定時の上部構造の周期は、0.5~0.6秒。免震周期は0.1cm変形時で約0.8秒、30cm変形時で3.7秒です。レベル2地震時の最大応答変形はほぼ20数cmです。

上部構造に関しては、壁量は在来の設計法と同等な量が確保されており、保有耐力は、計算上0.6~0.7となっているが、実際にはその2倍位あると考えられている。

4. 質疑応答

説明、見学の後いろいろご質問させていただいた内容を以下に紹介します。

1) 免震構造採用の理由

住宅を建てることにしてから、在来工法と免震構法との耐震性や建設費などを種々比較した。その結果、住宅建設費が、「免震構造のツーバイフォー工法住宅」は「耐震構造の重量鉄骨造」より安いこともあり免震構造を採用したとのこと。

ただし、木造の軸組工法で免震ができればさらに建設費は安くなると思う。

2) 入力地震動レベル

入力地震動レベルは、一般的に行われているレベルで設計し、それ以上の地震入力に対してはバックアップシステムで対処すればと考えている。

3) 免震クリアランスの確保

当該地は、建ぺい率60%であり、最大変形量が30cmであるのでクリアランスの確保は比較的困難ではなかった。

4) 引き込み電線などの設備関係の処理

電気系統は、写真-3のような直接建物と接続せず、いったん引き込み柱で受け、地中に埋設して床下で余長を設け建物と接続する方法で行っている。

給水・排水・ガスは、フレキシブル継ぎ手で上部構造体に接続している。

給湯器・エアコンなどの室外機は、上部外壁に取付けている。

5) 建設費・工期

建設費は、在来に比べて10%程度アップとなった。コストアップの総額は、住宅規模などには差ほど影響されず、概ね一定ではないかとのこと。例えば、

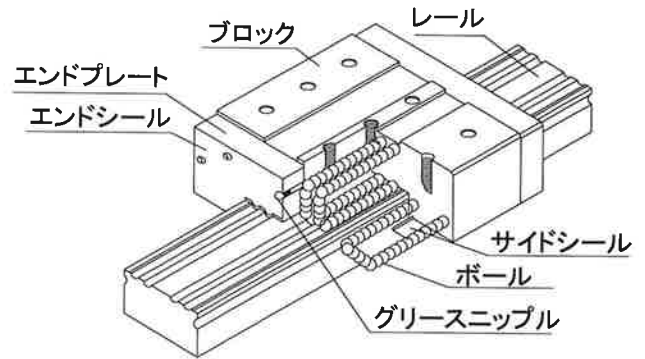


図-1 CLB直動装置の詳細



写真-2 駐車場上部のCLB設置状況

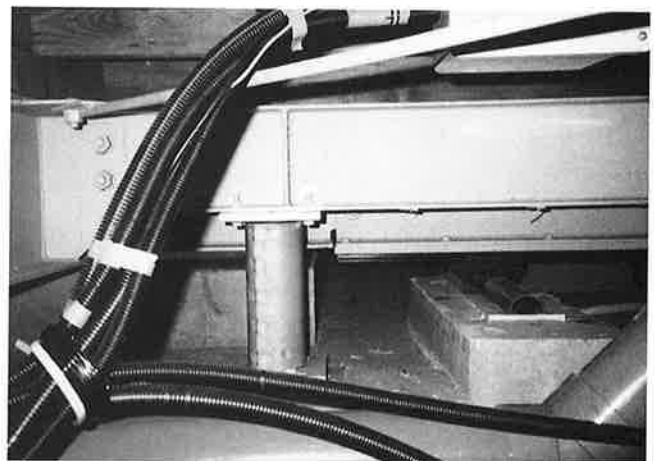


写真-3 LRI設置状況

在来で2000万円程度の場合、コストアップは数百万円程度になるが、鉄骨の土台が省略できれば安くできる(上部構造の仕様とからむのですぐにはできない)。

工期に関しては、基礎工事が予定より期間が長くなったぶんや工期が延びたとのこと。

6) 維持管理

維持管理に関しては、「メンテナンスフリー」で、特にビル免震で行われているような維持管理点検は必要としていない。評定の際、維持管理については特に何等問題はなかったと聞いている。

ただし、ツーバイフォー住宅の点検が10年目にあるので、その時には免震部材の点検も行うことになると思うとのこと。

7) 施工状況

写真-4～写真-7に、免震部材取り付けの施工状況を示す。

5. おわりに

当日は、土曜日でお休みのところ、朝早くから訪問しご迷惑であったにもかかわらず、ご丁寧に説明いただき、ご案内いただきましたご主人はじめ、ご家族の方々に改めて厚くお礼申し上げます。また施工中の写真もご提供いただき重ねてお礼申し上げます。



写真-4 引き込み電線の柱

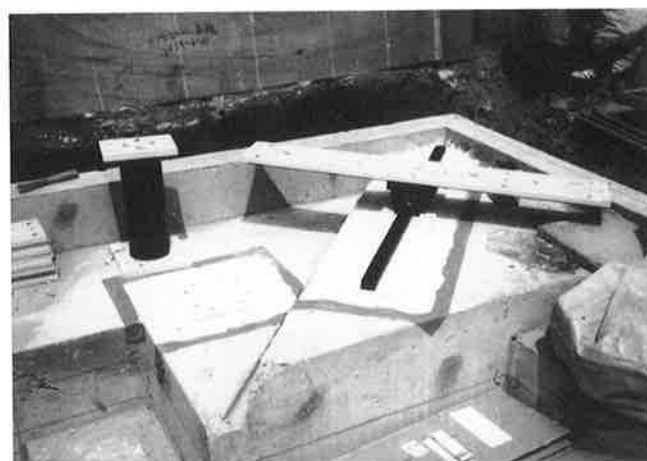


写真-6 CLBの取付け

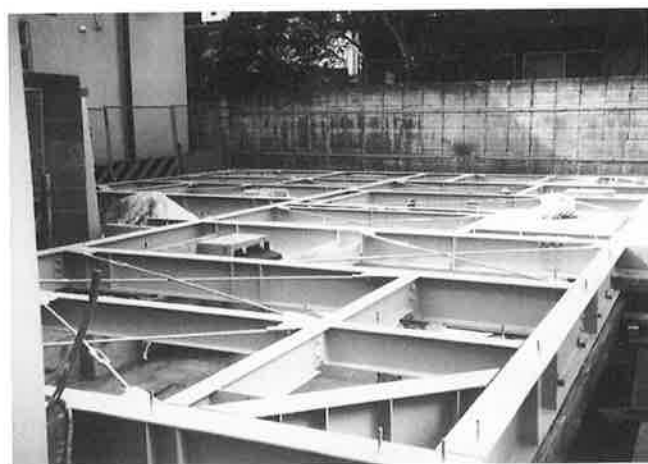


写真-7 鉄骨フレームの取付け



写真-5 配管フレキシブルジョイント

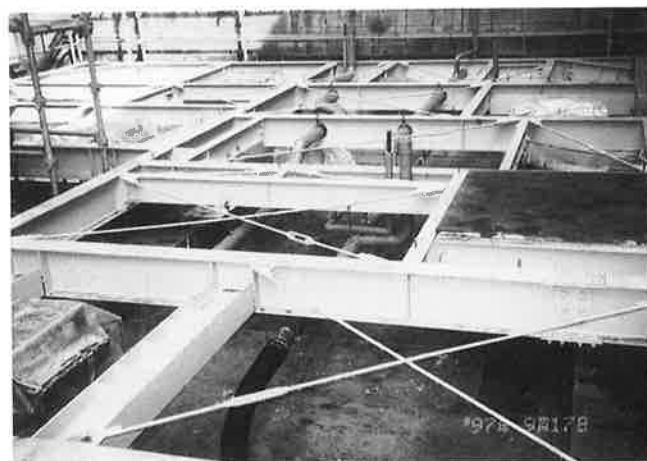


写真-8 設備配管類の取付け

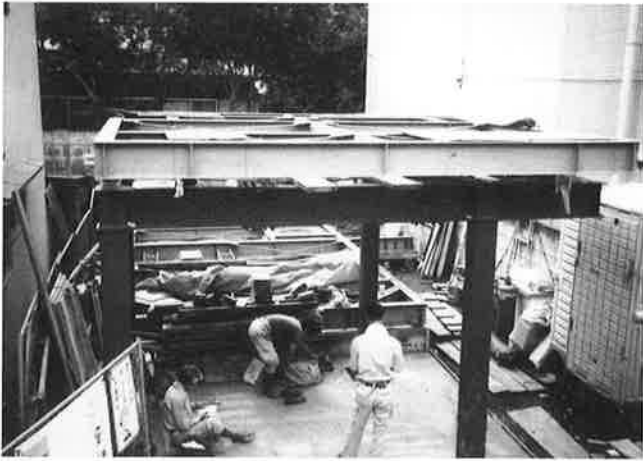


写真-9 駐車場上部鉄骨フレームの取付け

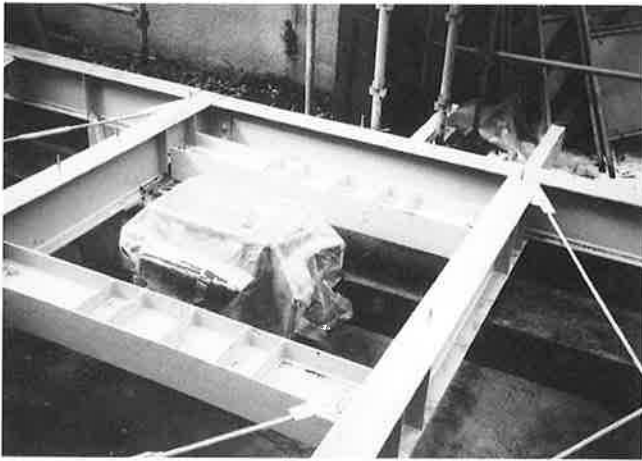


写真-10 耐風ロック装置

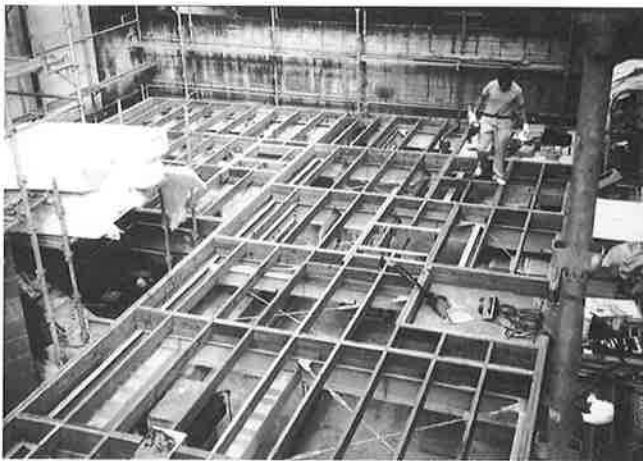


写真-11 ツーバイフォー床組

# すべり摩擦履歴ダンパー（その1）

大成建設 富島誠司



大成建設 小山 実



## 1. はじめに

すべり摩擦現象を応用した免震システムが、いくつか提案されているが、これらのシステムの多くは、すべり摩擦抵抗力を減衰力（ダンパー）として利用している。

この減衰力を左右するすべり摩擦係数は、使用材料によりその値が異なる他、速度や面圧などに依存することもわかっている。そのため、すべり摩擦現象を応用した免震システムを建物に採用する場合、これらの摩擦係数の特性をよく把握する必要がある。

ここでは、大成建設が開発したすべり現象を利用した「ハイブリットTASS構法」の研究成果に基づき、その1ではシステムの概要、使用材料及び摩擦係数の特性について述べ、その2では軸力管理等の設計上の留意点について述べる。

## 2. ハイブリットTASS構法の構造と性能<sup>1)</sup>

ハイブリットTASS構法は、図2-1に示すように積層ゴム支承と弾性すべり支承を複合させた免震システムで、積層ゴム支承のみによる免震システムに、固有周期を持たないすべり現象を組み込むことにより、免震周期のより長周期化を可能にすると共に、すべり摩擦によるエネルギー吸収効果で、建物に伝わる揺れを低減している。

弾性すべり支承は、図2-2に示すように積層ゴム部分の一端にすべり材を接合したものをすべり板の上に置く構造である。

積層ゴム支承と弾性すべり支承の復元力特性を図2-3に示す。弾性すべり支承は、小変形時において積層ゴム部分が弾性変形し、すべりは発生しない。ある程度地震が大きくなり変形が進むとすべりが生じ、すべりの摩擦抵抗りに相当する水平力を保持し、バイリニア型の復元力を描く。積層ゴム支承は弾性すべり支承がすべり状態になる時、系に復元力を与えるもので、この剛性により免震周期が決まる。

減衰力となる履歴エネルギーは、ほぼ降伏せん断力とすべり変形量の積で表わされ、この降伏せん断力は

弾性すべり支承が支持する重量 ( $\beta W$ ) と摩擦係数の積で表わされる。

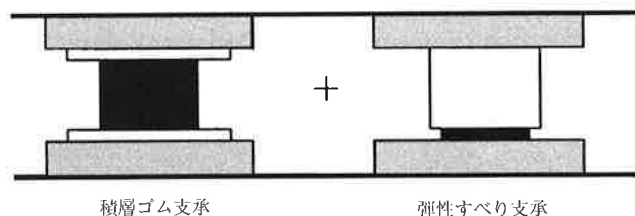


図2-1 ハイブリットTASS構法

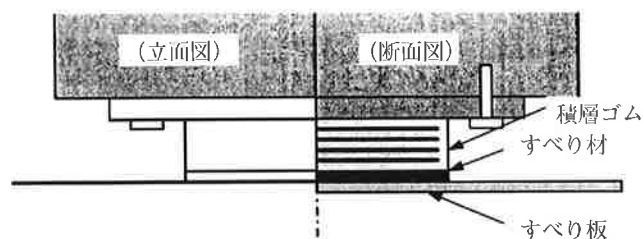


図2-2 弾性すべり支承の構造

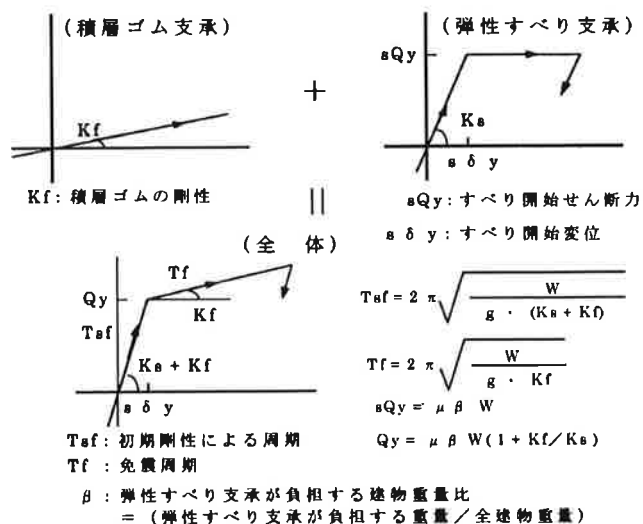


図2-3 復元力特性

### 3. 使用材料の特性

すべり材の組合せは色々あるが、免震部材に用いる場合、基本的には摩擦係数が小さく、安定していることが必要である。

弾性すべり支承のすべり材にはPTFE材を、すべり板にステンレスを使用しており、以下に使用材料の特性を述べる。

#### (1) PTFE材

表3-1にPTFE材の主な物理的性質を示す。

PTFEとは、Poly Tetra Fluoro Ethylene (四フッ化エチレン樹脂)の略で、次のような特徴がある。

- 他のプラスチックとは異なり、水分を全く吸収しない。また、化学的性質が不活性で、15年以上の大気中での暴露によっても性状が不変である。
- 最高使用温度においても、無機、有機の酸、アルカリ及び溶剤にほとんど影響されない。使用温度範囲も-200℃から+260℃にまで及ぶ。
- 乾燥状態(無潤滑状態)においても摩擦係数が小さい。
- 耐久性及び耐摩耗性に優れている。
- 他のプラスチック同様、充填材を配合することにより、物理的性質、耐摩耗性を向上させることができる。
- クリープもほとんど問題にならない。

図3-1にPTFE材の耐久性・耐摩耗性試験結果について示す。

試験は、SS400(硬質クロムメッキ)を相手材とし、面圧500kg/cm<sup>2</sup>、加力速度15mm/secの繰り返し加力(ストローク±20mm)を行ったものである。

免震構造で想定される最大限の使用範囲を、はるかに超えた繰り返し回数(繰り返し2500回程度以上)をうけても、摩擦係数は0.05程度以下でほぼ一定値を示している。また、7300回(総摩擦移動距離=2920m)の繰り返し回数受けても、PTFEの摩耗量も0.5mm程度以下と小さい。

また、図3-2にクリープ試験結果を示す。

試験は直径20mm、厚さ4.0mmのPTFE材を鋼材の表面に設けた凹孔に挿入し、その一部を2.0mm突出させたものに、クリープ試験機で500kg/cm<sup>2</sup>の面圧をかけたものである。

圧縮荷重を加えたときの瞬間的な縮み量は0.225mmで、時間が経過するにしたがって縮み量は増加していくが、その変形速度は徐々に減少し、100時間後にはごくわずかとなる。さらに、300時間をすぎるとクリープはほぼ停止し、840時間後の全圧縮変形量は0.430mmと小さい値になっている。

表3-1 PTFE材の物理的性質

項目	単位	PTFE材
比重	g/cm <sup>3</sup>	2.23
引張強さ	kg/cm <sup>2</sup>	211
圧縮弾性率	kg/cm <sup>2</sup>	6,900
線膨張係数	10 <sup>-5</sup> /℃	8.6

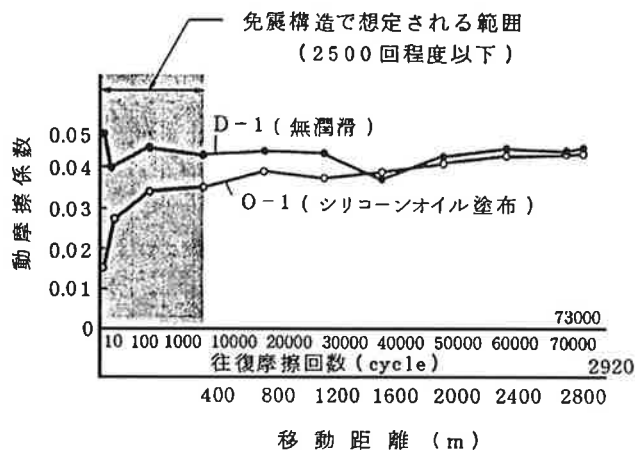


図3-1 PTFEの耐久性試験

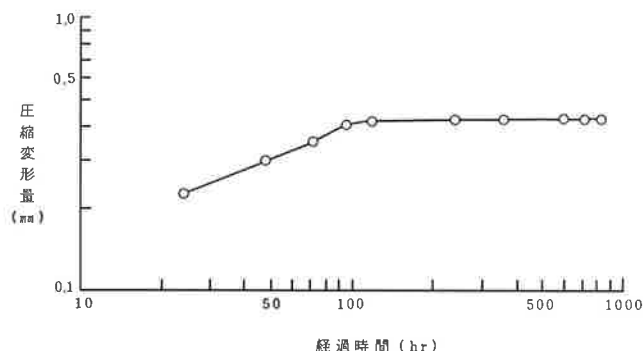


図3-2 PTFEのクリープ試験

なお、PTFE材をすべり材として使用する場合、相手材との耐摩擦性や摩擦熱による上昇温度について留意する必要がある。

#### (2) ステンレス

すべり材には発錆し難いステンレス鋼(SUS316及びSUS304)を使用している。表3-2にSUS316の物理的性質を示す。

ステンレス鋼は清浄な大気中ではほとんど腐食しないが、大気中の腐食性の物質(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaClなど)の付着により種々の程度の腐食を生じる。表3-3にステンレス鋼の大気中における腐食度についての試験結果を示す。

鋼種により腐食量に差があるが、SUS316は優れた耐酸性を示し、過酷な工業地帯においてもほとんど影響を受けていない。

なお、ステンレスをすべり板として使用する場合は、表面粗度の管理と据付けレベルの精度に留意する必要がある。

表3-2 SUS316の物理的性質

項目	単位	SUS316
比重	g/cm <sup>3</sup>	8.03
引張強さ	kg/cm <sup>2</sup>	5300
線膨張係数	10 <sup>-5</sup> /°C	1.60
ヤング係数	kg/cm <sup>2</sup>	1.97×10 <sup>6</sup>

表3-3 ステンレス鋼の大気中(Birmingham(工業地帯)10年間)における腐食度(\*1)

鋼種(*2)	腐食量(mm×10 <sup>-3</sup> )	最大孔食深さ(mm)	外観
410	9.0	0.03	全面に非常に厚いさび+堆積物
430	4.5	0.17	表面の95%に非常に厚いさび+堆積物
302	0.19	0.12	表面の70%に薄いさび
316	0.01	0.00	表面の5%に非常に薄い干渉膜
310	0.19	0.08	表面の10%に非常に薄い干渉膜

\*1 ステンレス鋼便覧(日刊工業新聞)による

\*2 アメリカ鉄鋼協会(AISI)の分類

#### 4. 弾性すべり支承の履歴特性

一定面圧下における弾性すべり支承の履歴曲線(水平変位-水平荷重曲線)を図4-1に示す。この図より次のようなことがわかる。

- 加力はじめは積層ゴム部分が弾性変形し、すべり摩擦抵抗に相当する力がかかるとすべりはじめる。
- すべりはじめの摩擦係数(静摩擦係数)は0.076で、静摩擦係数は概ね0.1以下である。
- すべり後の摩擦係数(動摩擦係数)は静摩擦係数よりわずかに小さい。そのため、すべり後の水平荷重はすべりはじめより小さくなるが、その差はわずかである。
- すべりはじめ時の弾性すべり支承の積層ゴム部分のせん断ひずみは120%程度で許容せん断ひずみ250%に対して充分小さい。

すべり支承径: φ650  
積層ゴム: 6mm×3層  
面圧: 100kg/cm<sup>2</sup>

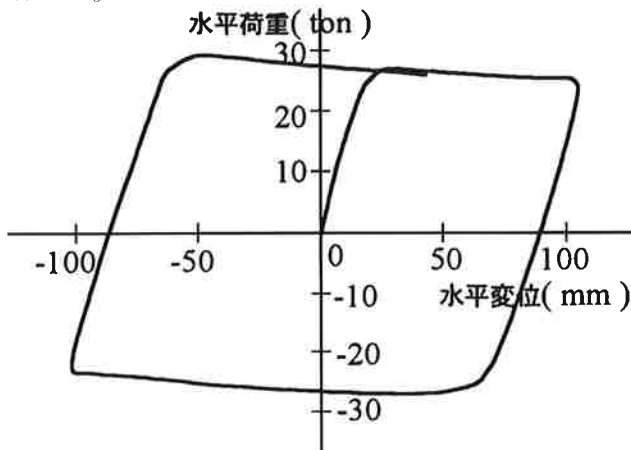


図4-1 弾性すべり支承の履歴曲線

#### 5. すべり摩擦係数の依存性

PTFE材とステンレス材との摩擦係数には、速度依存性及び面圧依存性があり、以下にこれらの依存性について述べる。

##### (1) 速度依存性<sup>2), 4)</sup>

表5-1に示す1987年から1995年までに行った4種類の実験について、すべり速度と動摩擦係数の関係をまとめたものを図5-1に示す。支承の種類、大きさ、実験装置等の実験条件が異なるため、動摩擦係数の値はかなりばらついているが、動摩擦係数とすべり速度には以下のような傾向がある。

- 低速度域における動摩擦係数は、すべり速度の増加とともに曲線を描きながら大きくなる。
- すべり速度10~15cm/sの範囲で、動摩擦係数が最も大きくなる。
- すべり速度が15cm/s以上になると、動摩擦係数は直線的にやや減少する。

表5-1 対象とした実験の概要

実験名	支承の種類	大きさ(mm)	波形	加振振幅(mm)	繰り返し回数	実験年月日
縮小	剛	φ50	正弦波	40	30	1987.6
実大	弾性	φ440	正弦波	30	10,30	1986.10
橋梁	剛、弾性	80×30	正弦波	35	50	1994.2
高面圧	弾性	φ150	正弦波	50	40他	1995.3

剛: 剛すべり支承、弾性: 弾性すべり支承

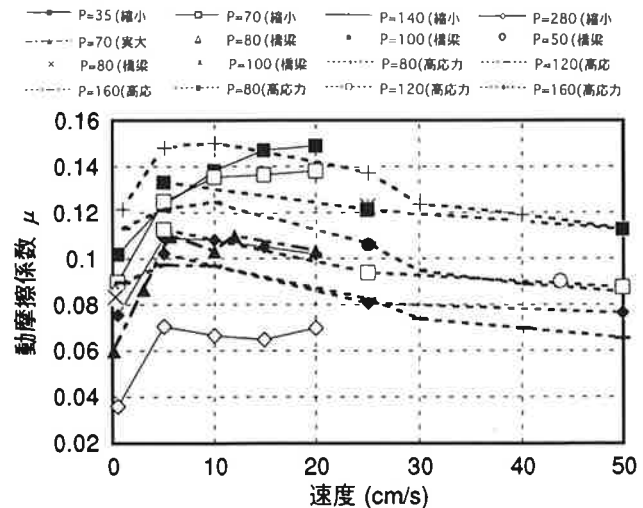


図5-1 すべり速度と動摩擦係数の関係

##### (2) 面圧依存性<sup>2), 4)</sup>

表5-1の実験について、面圧と動摩擦係数の関係をまとめたものを図5-2に示す。この図より、以下のことがわかる。

- 動摩擦係数は、面圧の増加とともに直線的に緩やかに減少する。
- 設計で想定する面圧及びすべり速度に対して、データのばらつきはあるものの、設計で想定する面圧及



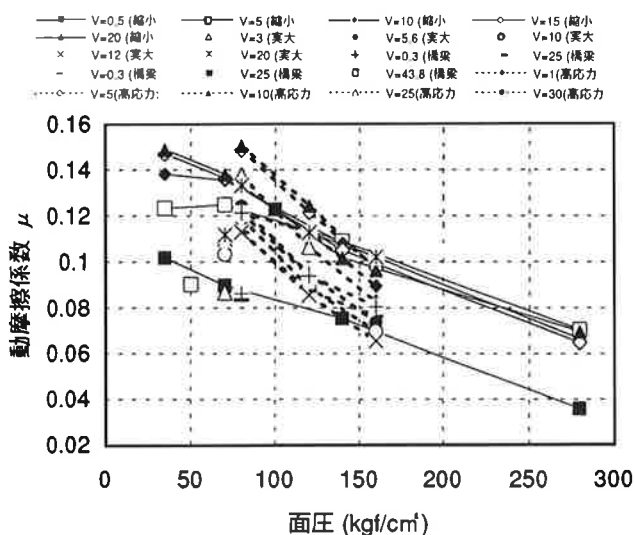


図5-2 面圧と動摩擦係数の関係

びすべり速度の範囲で、動摩擦係数は $\mu$ はほぼ下式で表わせる。

$$\mu(P) = 0.145 - 3.7 \times 10^{-4} \times P$$

ここで、P: 面圧 (kg/cm<sup>2</sup>)

- 160kg/cm<sup>2</sup>の高面圧試験(すべり速度50cm/s、繰り返し40回)においても、すべり材の耐久性に問題はなかった。

(3) 経年劣化<sup>3)</sup>

実建物において、すべり摩擦係数の経年変化を調べたものはほとんどないが、最近、大成建設(株)技術研究所J棟(以下J棟と称す)で試験したものを報告する。

図5-3に建物概要及び免震部材の配置を示す。J棟はTASS構法を適用した建物で、1988年7月に竣工した。

J棟に用いられた免震部材を図5-4に示す。

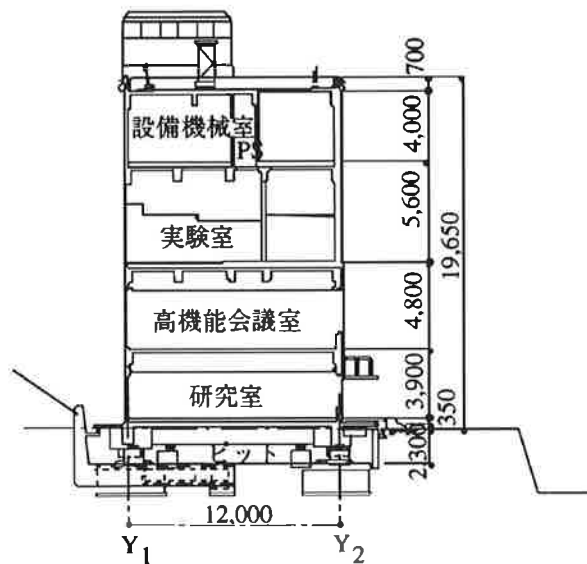
TASS構法は全支承を弾性すべり支承としたもので、系に復元力を持たせるために軸力を負担しない水平ばね(ゴムブロック)を併用している。

J棟の免震層を含むすべり前の建物の1次固有周期は1.2秒、すべり後の周期は5秒になるように設定されている。弾性すべり支承は面圧が約70kg/cm<sup>2</sup>になるように用いている。

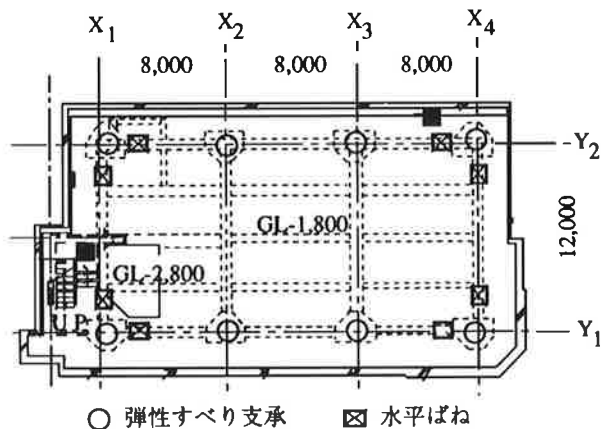
竣工後約9年経過した後、静的加力実験を実施し、竣工前に実施した同じ試験と比較して、免震部材の経年変化特性を調べた。実験は、油圧ジャッキを用いて建物全体を長辺方向に加力したもので、図5-6に水平加力時の荷重-変位関係を示し、図5-7に竣工前の実験値と今回の実験値を比較したものを示す。これらの図より以下のことがわかる。

- 加力1回目のすべり始め荷重は若干高めであったが、2回目以降は安定しており、弾性すべり支承のPTFE板とステンレス板の間に、固着等は生じていない。

- すべり摩擦係数は、竣工前の測定結果は0.04程度で、今回の測定結果は0.05程度と、その差は0.01と小さい。
- 初期剛性である弾性すべり支承の積層ゴム部分の剛性は、5.5%程度増加している。これは積層ゴムが経年劣化により硬化したためと考えられるが、剛性の変化が免震性能に及ぼす影響は小さい。



(a) 断面図



(b) 免震部材の配置

図5-3 建物概要

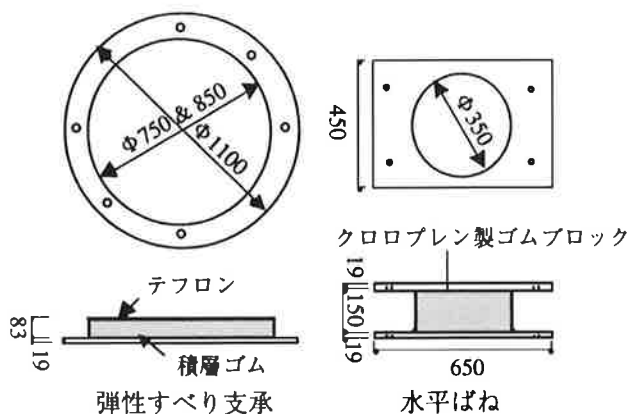


図5-4 免震部材

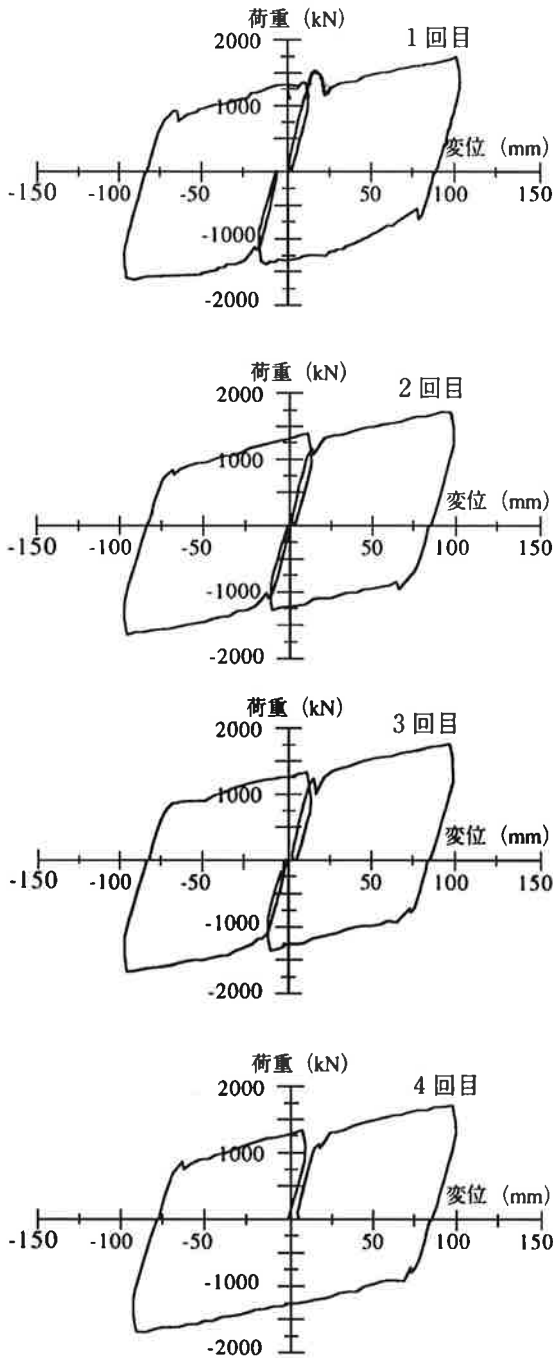


図5-5 水平加力時の荷重-変位関係

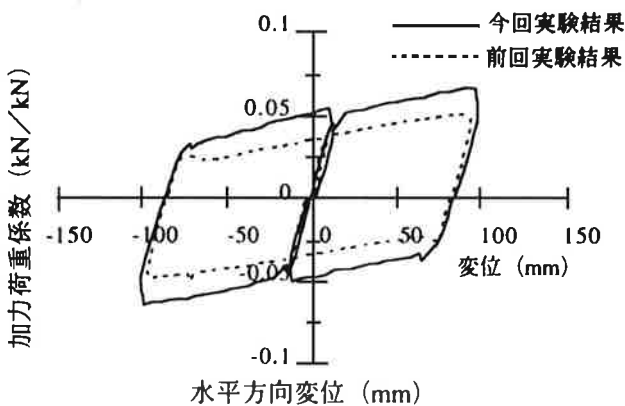


図5-6 荷重-変位関係の比較

## 6. まとめ

大成建設が開発したすべり現象を利用した「ハイブリットTASS構法」の研究成果に基づき、その1ではシステムの概要、使用材料及び摩擦係数の特性について述べた。

その内容をまとめると以下ようになる。

- 免震部材に用いるすべり材の組合わせは、基本的に摩擦係数が小さく、安定していることが必要であり、ハイブリットTASS構法では、PTFE材とステンレスの組合わせを用いている。
- PTFE材とステンレスにおける動摩擦係数には、速度依存性や面圧依存性がある。
- 経年変化による摩擦係数の変化は少なく、すべり面の固着等も生じていない。

### 参考文献

- 1) 富島誠司、勝田庄二、久野雅祥：弾性すべり支承と積層ゴム支承を併用する免震構法の開発、日本建築学会技術報告集、第2号、1996年3月
- 2) 富島誠司、大橋智樹、西山正三他：複合支承方式による免震構造の設計法開発、その3・実験データによる摩擦係数の依存性検証、日本建築学会大会講演梗概集、1995年8月
- 3) 長島一郎、久野雅祥、船原英樹：すべり支承方式免震建物の経年変化特性の確認実験、大成建設技術研究所報、第30号、1997年
- 4) 富島誠司：複合免震構法の設計（すべり支承と積層ゴム支承を併用した場合）、シンポジウム「免震構造の研究と設計」、日本建築学会、免震構造小委員会、1996年10月18日

# 耐震設計を再考する

近畿大学教授 花井正実



## 1. はじめに

兵庫県南部地震では、多くの建物や施設が倒壊して多くの死傷者がでるといふ大災害になった。地震の発生時刻が、5時46分という早朝でなければ、オフィスビル、交通センター、あるいは新幹線での死傷者は夥しい数にのぼり、未曾有の大惨事になるところであった。

この震災でよくいわれることは、この地域にこのような激しい地震が起きるようなことは、これまでの地震活動のデータからは予測できなかった。従って、建物の耐震設計は、この地方で一般的に用いられている設計震度で設計がなされてきた。そのような中で、予期した震度を超える激しい地震動が起きたのであるから、倒壊する建物がでるのは致し方のないことであるということである。それは確かにその通りである。ただ、これまでの耐震設計で欠けていたのは、そのような予期した震度を超える地震動が起きたときに、総合的にその建物の倒壊によってどのような損失が生ずるのか、その経済的あるいは社会的影響はどうかという考慮が、設計上あまりなされていなかったという点にある。

耐震設計の基本は、建物の建設投資コストをおさえるために、ある程度の建物の倒壊による損失のリスクをおかしながら設計しなければならないということにある。設計規準による設計も本質的に同じである。従って規準のレベルは、この、たまに起こる地震による都市災害における損失を、社会的に容認される程度に留められるように配慮して設定する必要がある。

地震による都市災害で第一にあげられるべきことは、人命の損失である。阪神大震災では、5500余の人命が失われたが、この数は先進国の近代的な都市の災害としては異常に大きい数字である。つまり、技術的あるいは経済的な力を持っていながら、必要かつ適切な施策がとられていなかったということになる。現に、阪神大震災では、我々が実際に行ってきた行為の結果をまざまざと見せつけられた思いがしたが、もしも今後、適切な方策がとられないままに、このようなことが再び他の都市で、あるいは人口が密集している東京一円

の都市で起こったとしたら、重大な責任を問われることになる。

阪神大震災で5500余という多数の人が亡くなったが、その多くは建物の脆い破壊による急速な倒壊によって避難ができなかったためである。従って、粘り強い建物を造ることに徹すれば、人命の損失の数は急激に少なくなる。阪神大震災でも靱性のある建物でつぶれたものは一棟もなかったと云ってよい。

一方、脆い破壊をする建物を建てることは、子孫にいつか危害を加える可能性があるものを街の中に造っていくわけで、負の遺産を残していくようなところがある。これは、殊に東京のような人口の密集しているところでは、大惨事の原因になる恐れがあるので、防災上なくしていくように努めるべきであろう。

一般に、都市の規模が大きくなればなるほど安全性のレベルを上げていく必要がある。建物や施設の倒壊等によって、引き起こされる災害の規模が急激に増大するからである。従って、大都市を生活の場とする人は、そのことを認識して、安全に対する投資を多少多くすることは自己の責任を果たす意味でも必要であると考えべきである。また、行政としてもその方向に誘導するような施策を講ずべきであろう。

## 2. RC構造の耐震性について

阪神の震災で特に目立ったのはRCラーメン構造物の脆さである。新幹線高架橋はRC立体純ラーメン構造であるが、RC柱の柱頭もしくは柱脚のせん断破壊で崩壊しているものが多い。設計震度0.2で、建築の旧規準に似た設計規準で設計していたようであるが、付近の民家が倒れないでたっていたので、その弱さが非常に印象的であった。RC柱としては比較的長柱であるにもかかわらず、柱脚には曲げによるひび割れもないのに、柱頭だけがせん断破壊しているものがあり、柱頭部分の繰り返し曲げによるコンクリート耐力の劣化で、急速にせん断耐力が低下していったことがわかる。

マンション最下層のピロティの柱についても、同様

な、せん断破壊をしているものが多くみられた。大きな地震力が加われば、ピロティの柱の柱頭・柱脚に生ずる曲げによる応力によって、フープの外側の拘束されていないコンクリートにはひび割れが生じ、耐力が低下するとともに剥離してしまう。その時、フープによる内部コンクリートの拘束が強くて、せん断耐力が保たれれば、柱頭・柱脚に降伏ヒンジが生ずるはずであるが、フープによる拘束が十分でなかったり、主筋の降伏の繰り返しによる塑性変形の増大によって拘束力が弱まると、内部コンクリートのせん断耐力が低下して、柱のせん断破壊が進行してしまうようである。このような耐力の低下は、柱に地震による変動軸力が加われば、さらに起きやすくなるし、これに加えてコンクリート強度の動的な応力に対する敏感性を考えると、RCラーメンの耐震性はもう少し基本的なところから見直してみなければならぬ部分があるのではないかと思われる。

阪神大震災の建物の破壊でもう一つ目立ったのは、中層のRC建物の中層崩壊である。このような破壊をした建物は三宮付近に多くみられたが、他の地区の建物にも起きています。原因はいろいろ云われているようであるが、これも、基本的には、コンクリートの脆さに起因している。例えば、神戸市役所の2号館で考えてみると、この建物は8層のセンター・コア型のRCラーメン構造で、そのうち5層の中間まで鉄骨が入っていた。崩壊したのは6層であるが、どの層が崩壊したかはこの場合あまり重要ではない。要するに、外力との関係で、最初にこの6層の耐震壁に大きなひび割れが生じたと考えている。調査の結果では、この建物の耐震壁のひび割れは、7層には細い45度方向の網の目状のものが入っている程度であり、5層については、そのひび割れの幅が少し大きくなって壁の隅に一部コンクリートの剥離がみられる程度の状態になっているが、他の層にはひび割れは見られない。従って6層のひび割れも、初期の段階ではそれほど大きいものではなかったのではないかと思われる。

しかしながら最初の段階では、ひび割れはそれほど

大きくなくても、他の層より大きなひび割れが起きると、耐震壁のコンクリートの耐力の低下が他の層より大きい。そのために、6層の耐震壁のひび割れが急速に進行し、コンクリートの剥離が起こり、耐力がさらに急激に低下していくことになる。このような耐震壁の耐力低下が起きると、6層の剛性と耐力が他の層と比べて落ちるので、6層の破壊のみが進行して層崩壊に至ったものと考えている。

このようなRCラーメン構造の破壊の状況を見てみると、とても弾塑性崩壊と云われるようなものではなく、ひび割れがはいれば急速に倒壊してしまう、脆い崩壊としか云えない状態である。と云うことになると、中層RCラーメン構造の周期領域の弾性応答スペクトルは、周期の少しの変化に対しても、変動が非常に大きいので、倒壊をまぬがれた三宮付近の他の同様な建物も、ただ運がよかっただけで、必ずしも設計がよかったからだと考えることはできないのかも知れない。

RCラーメン構造の、このような脆い破壊を防ぐために、新耐震設計ではフープによる拘束を密にして、柱に粘りを付与するようにしている。しかしながら、もともと脆い材料のコンクリートを使って、拘束鉄筋である主筋を塑性変形させながら、コンクリートの拘束を維持することは無理な話である。どうしても、繰り返し塑性変形とともに、剛性や耐力は低下するし、エネルギー吸収能力も落ちる。そこでこれを、柱を強くして、はり崩壊形にしても、基本的に部材のエネルギー吸収力が小さいので損傷が分散されて、倒壊は免れても損傷が大きく修復不可能な状況になりやすい。

本来ラーメン構造というのは、水平力に対して、部材端部に大きな応力がでやすく、殊にRCラーメン構造となると、コンクリートという脆い材料を使っているので、簡単にひび割れが生じてしまう。それを、さらに弾性限界以上にまで使おうとすると、設計や施工が大変面倒になるということで、それ自体だけで考えると、RCラーメン構造というのは、あまり耐震的に有利な構造ではないと考えている。

### 3. 制振ブレースについて

前述の神戸市役所第2号館の例でもわかるように、RCラーメン構造の耐震では、耐震壁の役割が最も重要である。耐震壁は、ラーメンに比べて剛性が高く、地震力の分担の大きい構造要素である。神戸市役所2号館では、連層耐震壁が中間の層で、脆いせん断破壊したために中間層崩壊を起こしてしまった。このような耐震壁の脆い破壊は、新耐震設計法で建てられた建物についても、連層耐震壁の脚部の曲げせん断破壊などにみられ、新しい設計法になっても、まだまだ問題が残されていると感じたことを覚えている。

RCラーメン構造における耐震壁の役割は、低層の建物では、地震力にその耐力で抵抗し、地震入力エネルギーの大きい中層の建物では、粘り強く地震エネルギーを吸収することにある。従って、特に中層の建物の耐震壁は延性の大きいものでなくてはならない。従って、本来粘りのないコンクリートの耐震壁にはこの役割は不向きである。

そこで直ぐに、コンクリート耐震壁を鉄板耐震壁に替えることが考えられるが、鉄板耐震壁では鉄の強度が大き過ぎるので、鉄板が薄くなり、このために縦・横にリブを入れなくてはならなくなり、製作が面倒になる。また費用もかかり過ぎる。それではということで、エネルギー吸収用の鉄板を小さな面積の厚板の鋼板にまとめて、それをK型ブレースのブレースと梁との間に設置したのが、K型制振ブレースと呼ばれているものである。

K型制振ブレースは、ブレース架構に大きな地震力が作用すると、ブレースが座屈する前に鋼板がせん断降伏し、繰り返し地震力に対しては、鋼板の繰り返しせん断塑性変形によって入力地震エネルギーを吸収する。この場合、鋼板全体で一様にエネルギー吸収をし、またブレースの剛性も大きいので、フレームの層間変形に対するエネルギー吸収効率は非常に高くなり、フレームの損傷が低く抑えられるとともに、応答変位も小さくなる。これに対してラーメン構造の場合には、エネルギー吸収部分は、柱頭・柱脚などの材端に限ら

れ、しかも塑性変形には柱の剛体回転がともなうので、層間変形に対するエネルギー吸収効率が大変悪い。

そもそも、柱・梁というのは、建物の荷重を支える最も重要な構造部材である。にも拘わらず、これを最初から損傷させながら地震エネルギーを吸収していくというやり方は、構造計画法としてもあまりうまい方法とは云えない。やはり柱・梁は最後までとっておいて、地震力は主として制振ブレースに負担させて、入力地震エネルギーを吸収させ、エネルギー吸収による鋼板の損傷がひどければ、その部分だけを取り替えるような構造システムの方が、ねばり強さがある、建物の損傷も少なく、人命についても安心でき、また地震後の修復も比較的容易である。

この制振ブレースを持つ架構は、地震エネルギー入力の大きい中層の建物の設計に最もよく適している。制振ブレースの配置と、構造特性の設定をうまくしてやれば、通常のラーメン架構の建物よりも小さな設計用ベースシャー係数で済み、経済的で、かつ安全性の高い建物が設計できる。

ブレースは、これまで、オフィスビルなどでは、目に見えるところにはあまり使われてこなかった。しかしながら最近では、ケミカルプレストレスを利用した細くて、剛性と強度の大きい膨張コンクリート充填鋼管ブレース材の開発も行われており、デザインもよくなっている。窓際の構面などにはもっと積極的に使っていくと、更に自由なデザインができるのではないかと思っている。殊に偏心のある中層の建物の耐震補強の場合、このようなエネルギー吸収性能のよい制振ブレースを外周構面の外側に設置する構法は、最も簡単で、かつ大変有効な補強法である。

同様なエネルギー吸収型ブレースとして、X型の制振ブレースがある。このブレースの特徴は、ブレース材に型钢や鋼管を使わないで、平鋼のブレース材と孔あき鋼板を組み合わせる構成なので、極めて薄いX型ブレースができることにある。ブレース材に平鋼を用いているので細長比が大きくなるが、X型ブレース中央部の孔あき鋼板に取り付けられたリンク材の作

用によって、ブレース材の座屈による面外変形が生じないようにしている。このX型ブレースを使えば、薄い遮音壁や戸境壁をつくることが可能である。

建物の耐震設計では人命の安全上ロバスト性、つまり予想外の地震力が加わったときの粘り強さが最も重要である。しかしながら、これまではこのロバスト性については、あまり考慮がはられてこなかったところがある。大都市周辺でよく見かける超高層RCラーメン集合住宅などは、強度と周期のみに頼った設計になっているように見受けられるが、阪神大震災のようなことがあると、そのロバスト性についてよく考えてみる必要があるのではないかと考えている。

我国の地震に対する都市防災上最も重大な問題は、旧規準によって設計された建物を中心とする、脆い数多くの建物が街中に放置されているということである。このような危険で、いつ崩れさるかも知れないような脆さをもった社会資本を、将来にわたって安心して維持できるような確かなものに変えていくためには、建物の一つ一つ粘り強いものにしていく必要がある。そのためには、この問題を個々の責任として、建物のオーナーにまかせておくのではなくて、国や地方の行政が積極的にかかわり、一種の社会資本の整備・保全のための投資と考えて、政策的な投融資を行ってでも問題解決に努力すべきであると考えている。

#### 4. 免震構造について

阪神大震災以後、免震構造が注目されるようになり、実施建物が多くなったのは、防災上大変いいことである。現在、最もよく用いられている免震構造は、免震層に積層ゴムアイソレータという水平剛性が小さいばねを設置して、建物の固有周期をながくし、応答加速度を小さくするとともにダンパーを併設して、地震入力エネルギーを吸収させ、アイソレータの変形をその許容変形内に収めるような機構をもつものである。この免震機構をもつ建物は、応答加速度が小さくなるために、免震層上部の建物の設計が簡単になるとともに、地震時に建物内部の家具などの転倒の危険性がなくなり、より高いレベルの安全性を確保することができる。

この積層ゴムアイソレータによる免震建物の問題点は、積層ゴムアイソレータが水平ばねとともに鉛直荷重を支える役割も兼ねていることである。免震効果をあげるためには、免震建物の周期を、地震入力エネルギーが小さくなる4~5秒位にしたいところであるが、積層ゴムアイソレータの水平剛性をあまり小さくし過ぎると、鉛直荷重によって座屈するという問題があり、なかなか簡単にはいかないところがある。この点を改良したのが、積層ゴムとすべり支承を組み合わせた構法である。この構法によると、免震層の剛性を小さくすることができるので、比較的容易に周期をのばせるようで、なかなか魅力的な構法である。ただしこの方は、すべり支承の摩擦係数が0.1位と大きいので、あまり積層ゴムの水平剛性を小さくし過ぎると、地震後の残留変位が大きくなるという問題がある。

免震構造の設計をやさしくし、設計の自由度をあげるためには、できればアイソレータに、ボールベアリングか、縦・横2段重ねにしたコロを使って、地震力をアイソレートしてしまう方がよい。そうすれば周期と最大応答変位の選択は、水平ばねの剛性とダンピングの調整で比較的簡単にできる。ダンピングは、履歴ダンパーはトリガーに使う程度にとどめ、なるべく粘性減衰を利用したい。免震設計を単純にすることができるからである。

免震装置の工費を安価にするためには、装置の材料を手近に得られるものから選び、その製作も近くの鉄工所のできるようなものにするのである。このようなことで考えてみたのが、縦・横2段重ねのコロを使ったアイソレータと、粘性体にどぶ漬けした鋼棒を束ねた粘弾性ばねである。アイソレータの方は、コロの列が乱れないように、金物で連結した最も簡単なニードルベアリングを2段に重ねて連結したものである。コロの間にグリースを充填しておけば、アイソレータに鉛直方向の引張力が加わったときには、粘性体自体の引張抵抗力もあるはずである。鋼棒を束ねた粘弾性ばねは、細い鋼棒を用いることによって曲げ剛性を小さくし、弾性限曲げ変形を大きくすることができる。また、同時に、その変形中の鋼棒間相互の相対変位にともなう、粘性体の粘性抵抗力によってエネルギー吸

収を行うことができる。鋼棒の剛性が小さく、また鋼棒どうしが直接に接しているため、粘性体はそれ程粘度の大きいものを使わなくても、容易に大きな減衰率をもつダンピングが得られる。

積層ゴムアイソレータは、あくまでも弾性ばねであり、限界変形を超えると破断するか、座屈を起こす。従って、予期以上の地震力が加わったときのロバスト性については、十分に検討しておく必要がある。このような問題があるので、積層ゴムアイソレータによる中間層免震については、変動が大きいという弾性応答スペクトルの特性などを考慮して、十分に余裕を持った設計にしておくことである。この点鋼棒を束ねた粘弾塑性ばねには、積層ゴムアイソレータのような終局状態における不安定な破損はないので、万が一の大きな地震力によるばねの破損に対する保障、つまりロバスト性があり、免震装置としていい特性をもっている。

免震構造を普及させていくためには、免震構造の工費をもう少し安くする努力をすることである。建築では、安価でなければなかなか使ってくれない。これは体質的なところもあるが、地震というのはくるかこないか分からないようなものなので、これに対する備えの重大さをクライアントに認識させることが、なかなか難しいからであろう。

免震構造の工費を安くする一つの方法は、免震には積層ゴムアイソレータでいくしかないと決めてかからず、建物の種類や規模に応じた色々な免震構法を用意することである。中国では、建物の下に砂を敷いて、地震力をアイソレートする免震構法があるそうだが、建物の種類によっては、土台のコンクリートマットの上にステンレスのシートを敷いて、テフロンを底を貼った基礎をもつ建物をのせるだけで、後は周りに古タイヤや発泡スチロールの屑の袋を埋め込むような構法でもよい場合があるかも知れない。最近、住宅や小規模な建物用に、曲率のあるレールをもつベアリングをアイソレータとする免震構法が開発されているが、これも簡易で安価な免震構法の普及のためには大変よいことだと思っている。

## 5. おわりに

我国のこれまでの耐震設計の歴史は、RCラーメン構造の耐震設計を中心にして発展してきた。しかしながら、もともとエネルギー吸収力のないRCラーメン構造をどう改良しようとしても、それほど大きな効果は期待できそうもない。殊に、中層のRCラーメン構造が難しい。無理して設計しても、また阪神の震災の時と同じように、ひょっと、所定の強さを超えるような地震力が加わると満身創痍の状態になり、へたすると崩壊して人を傷つけてしまうようなことになる。それよりは、ラーメンを補強することばかり考えないで、耐震壁を粘り強くするか、制振ブレースを持ち込む方がよほど効果がある。著者の理想をいえば、梁・柱の接合部は比較的簡単な構法であってもよいが、柱をコンクリート充填鋼管にしておいて、地震力の相当部分を制振ブレースに分担させた構造だと安心できる。それでもし経済的な余裕があれば、割りに気軽に免震構造にもっていけるような、安価な免震構造が開発されればよいと願っている。

我国の現在の耐震設計は、総体的にみて耐震安全性のレベルを低いところにおいているように見える。しかしながら我国も、終戦後半世紀たつて、これだけ豊かになったのであるから、以前と同じレベルではなく、人命や財産を守ることに、もっと投資をしてもよいはずである。殊に、人口が密集している都市に住む人は、他の地域に住む人よりも、より多く安全に金をかける方が人命や財産保全の経済原理にもかなっている。

そういう意味でも、人口が密集している大都市の耐震安全性のレベルを高めていくことが大切である。そのためには行政としても、免震構造の普及や制振ブレース等によって建物を粘り強くするように努力していくことが必要であり、何よりもそういう新しい構造に対して、特殊な建築として規制を加えたり、設計手続きを煩雑にしたりしないことである。免震構造も、制振ブレースをもつ構造も特別に難しい構造ではなく、これらの普及は都市防災の観点から云って最も必要なことだからである。

# 免震建物について思うこと

名古屋大学先端技術共同研究センター 福和伸夫



## 1. はじめに

私が始めて免震という言葉を目にしたのは16年前である。当時、私は建設会社入社2年目の超新米で、原子力発電施設に対する免震構造の適用性に関する受託研究プロジェクトに参加していた。仕事を一緒にさせて頂いたのは、小柳義雄・田村和夫・小畑益彦・佐藤俊明の各氏で、各氏は引き続いて免震構造研究や地震動研究で大活躍されている。この受託研究はフランス電力公社が先駆けたケーブル発電所やクルアス発電所に啓発されての研究だったが、国内の研究実績は少なくニュージーランドや米国の事例を手探りで調査した。このため随分沢山の英文文献を読んだ。その後、英文文献をこれほど一度に大量に読んだ記憶がないのは私の不勉強の証明かも知れない。当時は、免震構造物の基本的な動特性もよく分からなかったもので、極く単純な1自由度系の非線形応答計算を大量に実施し、入力地震動の特性や装置の復元力特性と応答特性の関係を丹念に調べたり、振じれ入力に対する免震効果やロッキング入力に対する応答増幅の懸念などに関する検討を若干行った。しかし、当時の私は主として地盤と構造物との動的相互作用に関する研究を行っていたため、地盤との相互作用をシャットアウトする免震構造に対しては複雑な気持ちを抱いていた。そんなこともあり、一時期免震構造物と真剣に向き合ったものの、その後十年ほど免震からは距離を置いて過ごすこととなった。

再び免震構造に接したのは、名古屋大学に異動した直後で、大学周辺に建設される都市高速道路や地下鉄に対する振動対策として学内超精密機器の除振問題を考えたときであったが、免震化は具体化せず兵庫県南部地震を迎えた。兵庫県南部地震は世に免震ブームを引き起こしたようで、私の所にもいくつかの相談があったがどれも具体化しなかった。状況が一変したのは1995年の暮れで、建築センターの免震構造評定委員会の末席を汚すようになってからである。以来、2年余り免震とどっぷりお付き合いするようになった。民間出身故に評定委員会の重要性や責任の重さは十分に認識していたが、自分とは関係のない世界だと思ってい

たので、少なからず困惑した。現在は、現場から離れて5年ほどたって錆ついた頭を修復しつつ新米委員の一人として評定業務にお付き合いしている。が、震災後の地方での強烈な業務量に加え、余りの数の免震物件で当方のペースもかき乱されることとなり、研究室自体も危機状態を迎え、最近では自分自身の危機管理が最重要研究課題となっている。

## 2. 最近感じていること

しばらく東京で過ごしていたこともあり地方に移って東京と地方との違いを痛感する。東京はあらゆる人々の興味の対象であり、と同時に、多くの大学や国立研究機関、大企業の技術研究所が集まっている。このため、大量の研究者が東京を中心に地震防災の問題に取り組んでいる。これと比べると地方は誠にお寒い状況にある。私が住む名古屋は曲がりなりにも三大都市圏の一つなので状況はまだ良い方だが、隣接する岐阜県や静岡県には建築学科がある大学すらない。地方には実務設計者は数多くいるものの、スタッフ部門の技術者や研究者の数が圧倒的に少なく、地震防災や耐震設計を考えるための基礎を蓄積する体力に乏しい。免震構造評定委員会にも地方の案件が数多く申請されるが、その多くが在京の設計者によって支援されている。とくに、地震荷重の設定に関しては地域の設計者だけでの対応は難しいようである。しかし、設計用入力地震動の設定や地盤を考慮した応答解析には地域ごとの地震活動度や地盤特性を十分に配慮する必要があり、地域に根差した検討が極めて重要である。地域にスタッフ的な人材を増やすと共に、地元の大学と連携して地域の耐震解析技術の蓄積を増やすことが強く望まれる。さもなければ、免震構造の普及もままならず、地域ごとでの適切な地震荷重の設定ができなければ性能規定化も絵空事になってしまう。

地方に住んでいると××の専門家という立場ではいざらしく、スタンスを広くしている必要がある。自身の八方美人的な性格が災いしているためか、地元への愛着心や現在の所属(先端技術共同研究センターは地域



の産官学共同研究の推進母体)への帰属意識のためなのか、震災後とても多くの地域の仕事に関わった。首都圏では考えられないことだが、地方では一人の人間が関与する範囲がとても広い。その結果、建築以外の部局の仕事も数多くかけもちする。こんなことから、各省庁が個別に行なっている施策の相互矛盾や、自治体間や部局間の壁の高さを痛感する。一方で、時期を失することなく壁に風穴をあけ風通しを良くすることによって防災上有益な成果を多数得ることができることも分かる。震災後の様々な動きの結果、免震設計に有用な情報も数多く生み出されている。筆者が関係したものを中心に名古屋地区の状況を以下に簡単に紹介する。おそらく他の地方でも同様の地域に根差した情報があるはずであり、参考にして頂ければと思う。

- 1) 活断層調査：加木屋断層・天白河口断層・岐阜―一宮断層・養老―桑名―四日市断層・猿投山断層等で実施され、[www.jishin.go.jp](http://www.jishin.go.jp)で最新の調査結果を閲覧できる。愛知県(消防防災対策室)は活断層アトラスを出版している。これらは建設地点の地震活動度の調査に有効利用できる。
- 2) 地震被害想定：名古屋市(消防局防災部)では濃尾・東南海・想定東海の3地震に対する被害想定を実施し、平成9年に地震動予測結果も公表しており、地震動レベルの設定に参考になる。
- 3) 官・民の既存不適格建築物の耐震診断・改修の促進：官庁や公立学校の耐震診断・改修が進み、民間の既存不適格建築物の抽出もされつつある。また耐震性の乏しい重要拠点は免震改修も念頭においた検討がなされている。免震による耐震改修事例(中部大学)もある。
- 4) 官庁の耐震設計指針の策定など：自治体の耐震基準の改訂が進められ用途毎に重要度係数が設定された。また、岐阜県は2施設を、愛知県内でも2市が市庁舎を免震化しつつある。また、愛知県(建築指導課)では建築技術者の意識向上のための地域の特徴を解説した地震教本も作成した。
- 5) 強震観測ネットの整備：愛知県(消防防災対策室)は、18箇所の科技庁強震ネット([www.k-net.bosai.go.jp](http://www.k-net.bosai.go.jp))に加え、全市町村に計測震度計を設置した(計74箇所)。名古屋市(消防局防災部)も強震計を全区(16地点)に設置し、うち2点は工学的基盤位置にも観測点を有している。
- 6) 地盤データの整備：名古屋市(環境保全局)では平成10年度を目標に約25,000本のボーリングデータのデータベース化と地盤データ活用のための地理情報

システムの開発を進めている。

- 7) 早期被害予測システムの整備：名古屋市(消防局防災部)では前述の強震観測情報を用いて初動体制確立のため早期地震被害予測システムを構築しつつある(平成10年度稼働予定)。
- 8) 地震防災情報サービス：千代田火災海上は創業100周年記念事業の一環として「地震防災情報サービス」をホームページ([www.chiyoda-fire.co.jp](http://www.chiyoda-fire.co.jp))を介して提供している。すでに東京都の情報提供が行われており近々名古屋地区の情報提供も行われる予定である。

以上のように、名古屋市域だけでもこれだけの動きがある。現在、各種調査が進行中のため情報の変化も激しいが、多くは免震構造設計時の地震荷重の設定に有用なものであり、活用が望まれる。

さて、話が変わるが震災後感じる2つの事柄がある。一つは自然現象や技術に対する謙虚さであり、他の一つはベース作りの大事さと村社会からの脱皮である。最近、震災直後に感じた謙虚な気持ちが薄れつつある。「私たちは建物や地盤、地震のことを十分に分かっているだろうか。慣行に甘んじた設計をしていないだろうか。耐震設計や研究のために日々大量の応答解析をしているが、現象を十分に理解した上で適切なモデルや諸元を使っているのだろうか。解析法の精度向上は真の予測精度の向上に寄与しているのだろうか。」こんな疑問が沢山湧いてくる。確かに構造的に明快な超高層ビルや原子力施設に関しては十二分な実験や研究に裏打ちされて理解が進んでいる。しかし大多数を占める中低層建築物の地震時挙動は思いの外分かっていない。住宅に関しては尚更である。建物に比べて、地盤や地震に関してはより一層分かっていない。実際に振動実験や地震観測をしてみると解析では説明できないことばかりが現れて困惑する。私自身は、今まで分かった振りをしていただけではないかと大反省中である。そんなことで、10年以上理論解析ばかりをやっていたが、ここ5年ほどモデル化の基礎作りを心がけている。最近、世の中に余裕がなくなり、分からないものに対しても、分かったつもりにしてどんどん前に進み、足元がよろついているように感じる。耐震設計をリードしているはずの超高層や免震建築物の設計においてもルーチンワーク化が進み、設計者が設計行為に創造性や疑問を感じる事が少なくなったような印象も受ける。神戸での強震観測記録や被害実態をみても分かるように、私たちは未だ入力や耐力を十分に把握できていない段階で、建物の性能を適切に評価できるだけの実力を十分に持っていないことを認識すべきだ

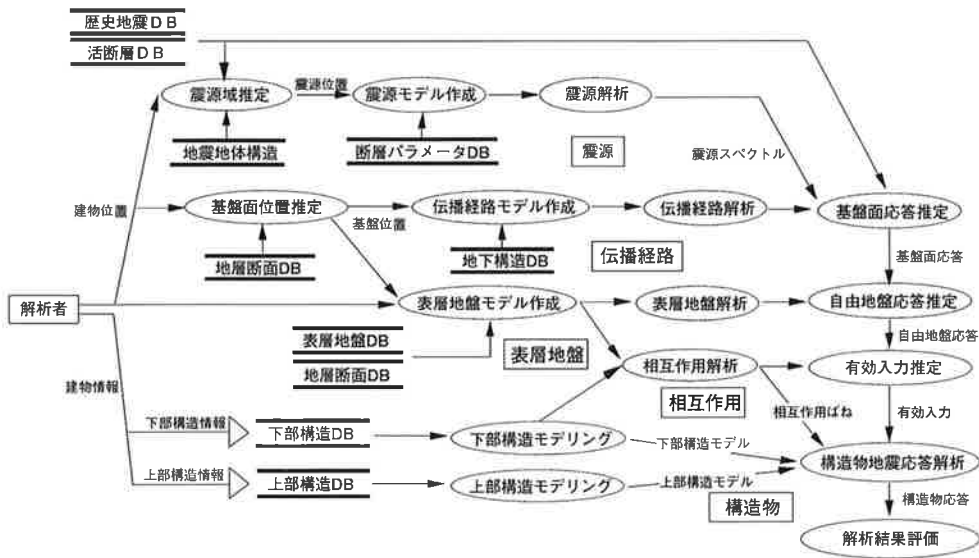


図-1 地震応答解析に関わるデータと手続き

と思う。兵庫県南部地震で新耐震設計法の妥当性が証明されたとはとても思えない。現在は入力も耐力も随分過小評価しているはずで、私どもの振動実験でも、住宅の剛性が設計時剛性の10倍以上あったり、耐力が倍以上ある結果を得ている。中層建物の剛性も設計時のその倍以上ある観測事例もある。真の耐力は設計で見込んである耐力の倍はあると経験豊富な設計者から伺ったこともある。ともかく、現象に対して素直な気持ちで理屈に適った設計検討をし、未知のものに対しては余裕度を見込んで評価することが大事だと思う。

もう一つ気になるのは、本当に手を動かしている人がどれだけいるかということである。私も含めて、多くの人々が種々の業務に組み込まれて走り続けており、立ち止まってじっくりと分析している研究者が思いの外少ないと思う。あらゆることの基本は地道なデータ作りである。情報化技術の進展で、データの利用法は進歩したが、基礎データ作りが停滞しているように思う。肝心の大学が定員削減と大学改革のため地道な研究がしにくくなり、問題の一因を作っているかも知れない。また、時代の閉塞感のためか研究者自身が村社会的な世界に閉じ籠もり、××の専門家という所に甘んじているかもしれない。役割分担が細分化された構造では防災や環境と言った広範な総合課題には対応できないので、アナリシス(分析)中心の既存の学問体系から脱皮し、シンセシス(合成)のための学問の枠組みを創生することが大事である。縦糸である既存学問に横糸を紡ぎ、細分化された研究分野間の通訳をし、複雑なものをシステム化・総合化するための学問・技術を育成する必要がある。

### 3. 地震荷重評価に思うこと

#### (1) 耐震設計の特徴

建築物の地震時挙動を予測し適切な耐震設計を行うには、極めて多くの事柄を考慮し、各種のデータを参照しながら様々な解析手法を駆使した検討を行う必要がある。その範囲は余りに広範であり一人の設計者ではなかなか手におえない。建築物の設計時に必要と考えられるデータと手続きを図-1に示す。図は上から「震源断層」から「建築物内での振動応答増幅」までの流れを表し、左から「実体」から「評価値」までの流れを示している。設計者は図にあるものをバランス良く理解した上で設計行為を行う必要がある。これらの解析の中では図-2に示すモデリングが重要となる。設計

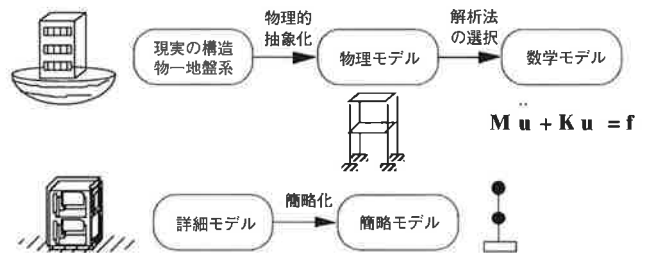


図-2 地震応答解析におけるモデリング

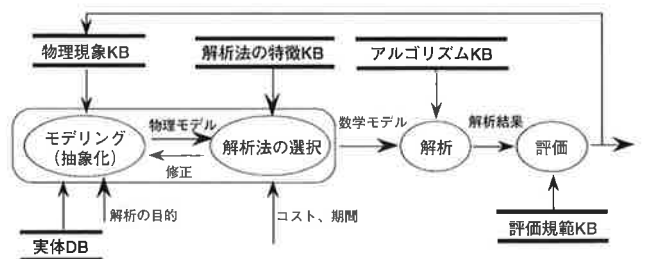
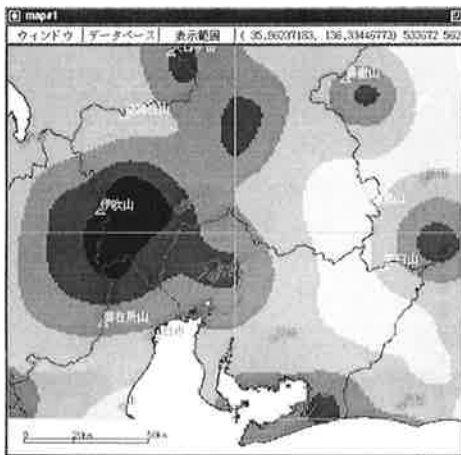
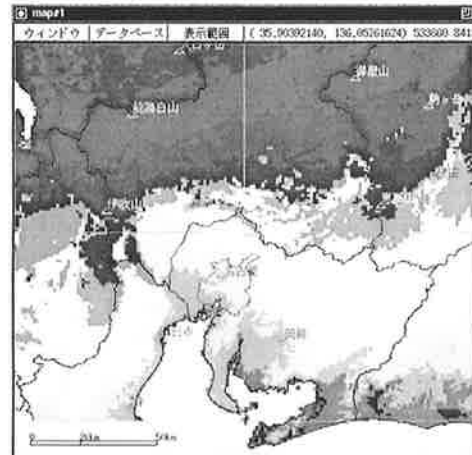


図-3 解析行為のフロー



(a)



(b)

図-4 東海地区の200年加速度再現期待値

者は、対象である建物や地盤という「実体」を図面やデータで表現し、その中から力学的に意味の有るもののみを抽出して「物理モデル」を生成し、さらに解析理論を用いて「数学モデル」である方程式に置換する。また、部材の断面性状まで表現できる詳細なモデルを用いて解析を行うことは稀であり、串団子モデルなどの簡略モデルに置換する場合も多い。このようなモデリングに当たっては、図-3に示すように設計者の持つ経験や知識がものを言う。

(2) 地震危険度解析による地震動レベル設定

免震建築物の設計用入力地震動レベルの設定に、歴史地震の統計資料や距離減衰式を用いた地震危険度解析が用いられている事例を多く見かける。しかし、内陸活断層性地震と海洋プレート境界性地震とでは地震発生間隔が異なっており、高々1600年の歴史地震データでは地震発生間隔が1000年オーダー以上の活断層性地震を統計的に扱うには不十分である。震源域の広い大地震の場合や断層に近接した位置での地震動評価には震源域の広がりを考慮する事も必要である。また、近年の地震被害によれば表層地盤の地震動増幅効果の重要性も高い。図-4(a)は壇・神田<sup>2)</sup>の手法を用いて全歴史地震情報を用いて評価した東海地区の200年加速度再現期待値である。ここでは震源は点震源とし、距離減衰式には福島・田中<sup>2)</sup>を用いた。図の結果は濃尾地震などの内陸性の歴史地震に引きずられている。濃尾地震の再来は千年以上先だろうと考えられているので、この結果は設計上不自然である。これに対して、図-4(b)は、同様の手法を用いて、海洋型の歴史地震資料のみを用い、断層面の広がりや表層の地盤増幅特性を考慮して評価した結果である。(a)と比較して、海岸に近い沖積平野部で大きな応答を示しており感覚に良くあっている。このように地震危険度解析は資料の使い方、距離減衰式や距離の評価法によって結果が

大きくばらつくので、地震動レベル設定時には地震資料の性格や各種経験式の適用限界を理解した上で、幅を持った判断が必要となる。

(3) 常時微動に基づく地盤調査

免震構造物の設計に際して、地盤調査の一環として常時微動調査が実施される場合が多い。近年、微動に関する研究成果が著しく進展し、従来のフーリエスペクトルに基づく分析に変わって水平上下スペクトル比<sup>3)</sup>

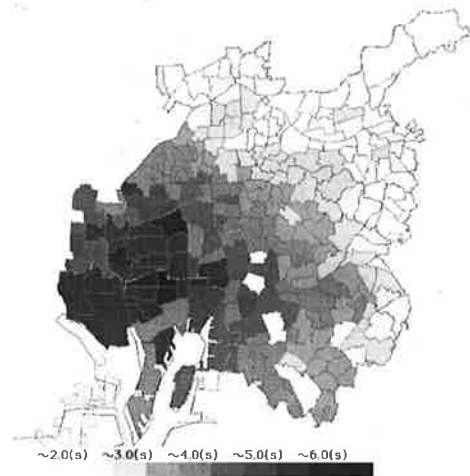


図-5 水平上下スペクトル比に基づく名古屋市内のやや長周期の卓越周期分布

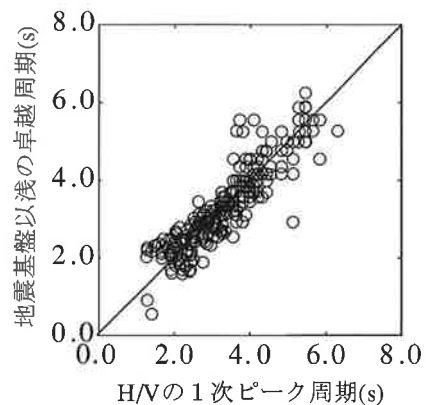


図-6 やや長周期域のH/Vによる周期と地震基盤以浅の卓越周期

の有用性が確認されつつある。また、微動の成因に関しても表面波としての解釈も有力となってきた。しかし、免震設計用の調査結果では、卓越周期の評価に地表面記録のフーリエスペクトルや基盤とのフーリエスペクトル比のピークを用いている事例が多い。やや長周期域の卓越に関して、脈動と解釈し、地盤構造との関係を否定する見解が示される場合もある。構造物の振動数制御を前提とした免震構造物では、地盤の振動性状を正確に掴むことが設計の基本である。著者らは名古屋市中央部約260地点で微動調査を実施し水平上下スペクトル比により周期分布の推定を試みた。図-5にやや長周期域の周期分布を示す。図の結果は既存の重力探査に基づく基盤深度とよく対応しており、地震基盤以浅の地盤構造を用いて重複反射解析により求めた固有周期との相関も図-6のように高い。なお、免震建築物が多く立地する名古屋市中央部の周期が3~4秒であるのは気になる点である。

(4) 上部構造と下部構造の地震力

図-7のように現行設計法の地震荷重は、上部構造は層せん断力係数で、地下部は地下震度で与え、杭にはこの和を杭頭慣性力として与える場合が多い。まず、上部構造の地震荷重について考えてみる。Ai分布が上部構造の振動モード形状と誤解されている場合に時折出くわすので、層せん断力係数Ciと水平震度aiとの関係を確認しておく。i層以上の重量をWi、全重量に対するi層以上の重量の比をαi、総階数をn、地震地域係数をZ、振動特性係数をRt、標準せん断力係数をC0と記すと、水平震度aiとAiは、

$$a_i = Z R_t C_0 \frac{\sum_{j=i}^n W_j (\alpha_i A_i - \alpha_{i+1} A_{i+1})}{W_i}$$

$$C_i = A_i Z R_t C_0 = \frac{\sum_{j=i}^n W_j a_j}{\sum_{j=i}^n W_j}$$

と関係づけられる。このように、層せん断力係数Ciはi層から上の震度を層重量で重み付き平均したものである。従って、ベースシア係数Z Rt C0は建物の平均的な水平震度を与えるものであり、建物基礎の震度はZ Rt C0よりも小さい値となる。図-8に、各層の重量が等しい場合のAi分布と震度分布を示す。建物周期が長くなるとAi分布は上部が振れる形となり、基礎部の水平震度は小さくなる。Ai分布を用いて超高層建物の1次設計用地震力を評価すると基礎位置の換算水平震度は数十ガル以下になる。一方で、基礎固定モデルを用いた地震応答解析ではレベル1地震動として250Gal程度の入力を与えており、両者には10倍もの開きがある。

地下震度として0.1を採用している例も良く見かけるが、これは1次設計時の地盤地表の動きを80~100Galと考え、対応する震度を地下部慣性力として考えたときと想像されるので、基礎部震度や入力地震動の加速度レベルと対応していない。

杭の設計を行う場合、根入れによる杭頭地震力の低減を行う場合がある。杭設計時には根入れ低減をし、低減相当分の地震力に対して地下外壁や擁壁の面外せん断力の検討をしていない事例を見かける。上部からの慣性力に対して抵抗するのは杭と地下外壁・擁壁に接する地盤である。地下外壁・擁壁の抵抗分が杭設計時の根入れ低減分に相当する。本来の低減量は杭の水平抵抗と根入れ側面部の地盤抵抗の比となる。地盤が十分に堅固な場合には建物の動きを地盤が支持するので、杭頭慣性力による設計の考え方がよく整合する。

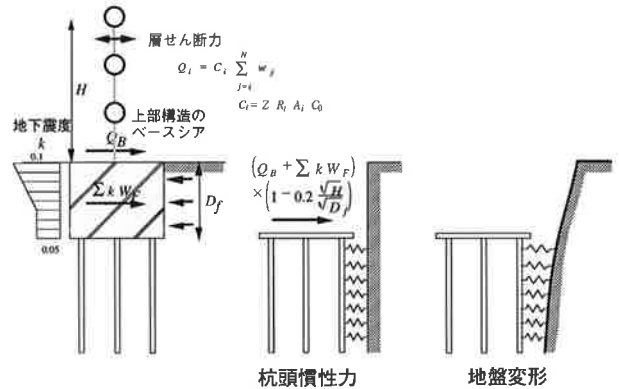


図-7 上部構造・地下部・杭の地震荷重

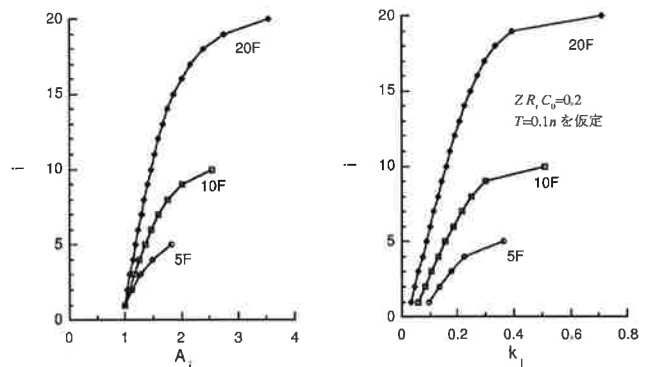


図-8 Ai分布と震度分布

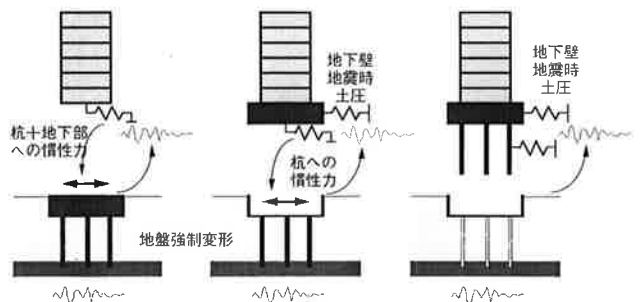


図-9 動的相互作用モデルと地震荷重の考え方

しかし、地盤が軟弱になると地盤の動きが大きくなって、地盤が建物や杭に力を与える。この場合には、物部式などによる擁壁応力の検討や、応答変位法などによる杭応力の検討が必要となる。

以上のように、上部構造-地下部-基礎構造の地震荷重は十分に整合がとれていない。本来で有れば、構造物と地盤との動的相互作用の考え方を踏まえて整合を図るべきであり、図-9などを出発点に考え方を整理することが必要である。

(5) 地盤の応答解析

免震建築物が軟弱地盤に計画されたり、模擬地震動を基盤位置で設定する機会が増えてきたため、地盤の応答解析の重要性が増している。しかし、地盤の応答解析との馴染みが少ないためか、思いもよらぬ落とし穴があるようである。質量密度と単位体積重量の混同、動的変形特性のせん断ひずみの単位(%)の混同、基盤地震動定義の露頭波(2E)と応答波(E+F)との混同、などなどである。

地盤の応答解析の基本は、地盤を平行成層置換できるかどうかの判断、地盤の速度・密度構造や地盤材料の動的変形特性の設定、等価線形解析と逐次非線形解析の選択や全応力解析と有効応力解析の選択、などにあり、留意すべき点が多い。評定を通して気づいた点を以下に列記する。

- 1) PS検層による地盤速度構造は走時設定に人間の判断が入るので、幅を持った解釈が必要である。
- 2) 動的変形特性試験の利用には試料の攪乱、拘束圧・塑性指数依存性に対する配慮が必要である。また、動的変形特性試験結果をヤング係数に適用すべきではない。
- 3) 等価線形解析の適用限界に留意する必要がある(加速度用、0.1~1%程度以下のせん断ひずみ)。
- 4) 逐次非線形解析用復元力モデル作成に当たっては、動的変形特性の適合度の確認が必要である。
- 5) 地盤が過度に塑性化すると地盤自身が免震効果を生み出し地表加速度が大きく減じられるので、全応力解析による地表加速度を用いた液状化判定は液状化危険度を過小評価する可能性がある。
- 6) 地盤を離散化して解析する場合、最小波長を表現できる質点間隔(塑性化後の等価S波速度 $V_s$ と解析対象振動数 $f$ から定まる最小波長 $\lambda = V_s/f$ を5~6分割)を用いる必要がある。
- 7) 応答変位法による杭の検討では、地盤変位と地盤係数の設定が鍵になる。地盤係数を過小評価すると杭頭慣性力による応力は過大に、地盤強制変位による応力は過小に評価される。

当たり前の事が多く設計者の方に対して失礼な項目ばかりであるが、全てが十分に配慮された設計事例に接する機会は極めて少ない。

(6) 上部構造のモデリング

上部構造の地震応答解析によく用いられるのは基礎固定の水平1方向等価せん断型質点系モデルであり、剛性比例型減衰が用いられる場合が多い。検討用に、ねじれ動や上下動を考慮した解析も行われる。以下では、筆者が携わった観測事例や簡単な解析例を通してモデル化上の問題点を考えてみる。

表-1は、名古屋大学内の4階・6階・10階建の建物の地盤・1階・屋上階で得られた1997年愛知県東部地震(M5.6)の強震観測記録の最大加速度の一覧である。表から幾つかの事が指摘できる。3つの建物は100m位しか離れていないにも関わらず、地盤地表の水平動(EW方向)は2倍弱の差がある。これは表層の地盤条件の差異に起因している。地表と1階の動きを比較すると、地盤が軟弱で建物平面サイズが大きい建物で1階の動きが減じられており、入力損失効果が認められる。また、建物階数の増加と共に上下動の増幅が顕著となっている。10階建の建物については詳細な微動計測も実施しており、顕著なねじれ動やロッキング動(杭基礎にも関わらず50%ものロッキング率)、床の面内弾性変形や基礎の面外変形が認められた。また、観測で得られた固有振動数は設計時の1.2(100ガル相当)~1.5(微動)倍となっていた。これらの結果は、水平1方向モデル、基礎固定モデル、剛床仮定の妥当性に疑

表-1 愛知県東部地震での3つの建物の最大加速度(Gal)

	4階建			6階建			10階建		
	NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD
最上階	74.88	101.20	36.62	96.54	106.15	33.40	107.24	130.32	122.94
1階	57.29	50.08	24.09	42.76	58.51	20.60	48.30	60.61	18.11
地表	50.32	73.55	31.43	44.12	55.81	38.94	72.08	97.12	37.04
建物概要	RC造、75m×15.4m 盛土、杭基礎(6m)			SRC造、38.8m×15.4m 切土、PC杭(12m)			SRC造、60m×34.4m 埋立地、RC杭(45m)		

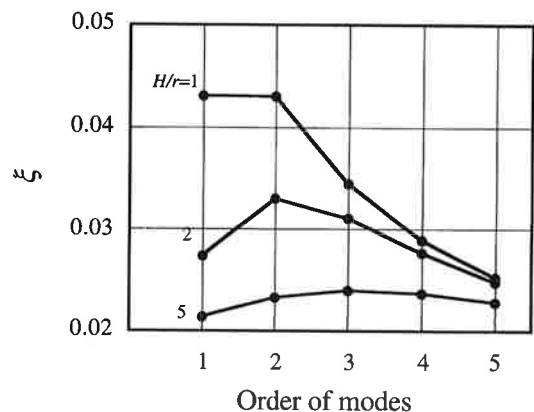


図-10 動的相互作用考慮時のモード減衰 ( $V_s=200\text{m/s}$ )

問を投げかけるものである。また、ちょっとした表層地盤の違いによる入力地震動の変動や、入力損失効果、雑壁などの2次部材の剛性評価、上下動増幅の重要性を示唆している。従来の地震観測が超高層建物や原子力発電施設に限られがちであり、中低層建物の観測記録が少なかったため、モデル化の妥当性を考える材料がなかったことが原因しているかも知れない。免震構造物は殆どが中低層であり、振動挙動の把握が設計の前提となる建物なので、適切な振動モデル構築の重要度が高い。

ついでに、減衰と上下動の2つの問題について付け加えておく。上部構造の減衰モデルとして剛性比例型が採用されることが多い。元来、剛性比例型減衰の採用は、基礎固定モデルの利用を前提に、上部構造の減衰に地下逸散減衰効果を見込んでいたためと思われる。しかし、動的相互作用を考慮したときのモード減衰は図-10に示すように高次増大型ではない。既存の実験資料の多くが高層建物の低次の数次に対して整理されているため誤解されたと思われる。なお、図-10は上部構造は複素減衰2%としスウェイの相互作用バネのみを考慮したときの各次のモード減衰を示したもので、 $H/r$ はアスペクト比である。

もう一つは上下動の振動解析モデルについてである。上部構造の上下方向のモード剛性、免震装置の軸剛性、地盤バネの上下剛性の値を試算してみると容易に理解できるが、これらは上部構造剛体1自由度モデルや基礎固定モデルを採用できる剛性バランスではない。最近、高層でスパンを飛ばした免震建築が増えており、免震構造物の上下応答解析の位置づけは高い。また、入力地震動としてEl Centro上下動が用いられる機会が多いが、10Hzに顕著な卓越があり10Hzを避けるかどうかで応答値が著しく変化する。このように上下動振動解析に関しては数多くの課題が残されている。

#### (7) データ整備と有効活用の必要性

免震構造物の設計では地震や地盤に関わる数多くのデータを利用する。第2節にも述べたように、兵庫県南部地震以降、地震や防災に関わる情報が種々の機関で整備されつつある。しかし、地盤情報に関してはデータが質・量ともに不足した状態が変わっていない。また、獲得されたデータも各機関でバラバラに整備され、統合環境下で利用できる状況には余りない。今後は、設計に必要となる基礎データを協力して整備すると共に、耐震設計に必要となる各種のデータを利用できる統合環境を整備していく必要がある。その際には地理情報システム (GIS) が有効利用できると思われる。

#### 4. おわりに

随分失礼なことを長々と書いてしまった。こんなことを設計者の方に申し上げることができるようになったのは、免震建築物の普及のお陰である。日本免震構造協会を始め、免震構造を支える方々の努力で動的設計の考え方が根付いてきたことは素晴らしいことだと感じる。これによって、都市や建物の安全性が向上するだけでなく、研究と実務設計の間の壁が低くなり、耐震技術レベルの向上にも多大な寄与をする。免震建築に携わる設計者の方々は、免震建築を突破口に、設計の自由度を増すと共に、真に技術が活きる世界を作っていただきたい。今後、免震ならではの夢のある建築物や、思っても見ない技術が出てくることを期待してやまない。

拙稿では、筆者が日頃感じている疑問点などについて記した。若輩かつ浅学ゆえに生意気で不適当なことを述べたかもしれないが、お気づきの点が有れば是非ご叱責頂きたい。

#### 参考文献

- 1) 壇一男、神田順：上下限値を有する極値分布を用いた地震危険度解析、日本建築学会構造系論文報告集、第363号、pp.50-56、1986
- 2) Y.Fukushima, T.Tanaka: A New Attenuation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan, ShimizuTech.Res.Bull, No.10, 1991
- 3) 中村豊：常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定、鉄道研究報告、4、pp.18-27、1988

# 「積層ゴム専科編講習会」の報告

技術委員会 講習会作業WG

去る1997年12月11日(木)協会大会議室にて、第1回専科編の講習会を、免震構造で最も重要な要素となる「積層ゴム」に焦点を絞り、その「限界性能」・「耐久性」・「品質管理」をキーワードに開催しました。講習後に行われたフリーディスカッションでの、「質疑応答」の内容を皆様にお知らせ致します。

講師 西川一郎(昭和電線電纜)  
芳沢利和(ブリヂストン)  
鈴木明雄(オイレス工業)

質問をQ.、回答をA.、コメントをC.と区別し、回答には講師名を併記させて頂きました。

**Q.** 積層ゴムにオフセットせん断変形させた状態で、引張力を作用させた場合の挙動については、どの程度まで実験的に解明されているのか？

**A.** 鈴木

LRBでは引張力を作用させた状態でせん断変形させる実験を行っている。引張面圧10kgf/cm<sup>2</sup>までは、水平方向の荷重変形関係にあまり影響は見られない。20kgf/cm<sup>2</sup>以上になると履歴ループの細りが観察される。引張を受けるとゴムと鉛プラグの間にすき間ができるようである。この実験の後で圧縮面圧100kgf/cm<sup>2</sup>をかけてせん断試験をした場合には、-10kgf/cm<sup>2</sup>までの引張力を受けた状態では、引張試験の前後でせん断特性に変化は見られなかった。単純引張試験における引張剛性は、面圧10~15kgf/cm<sup>2</sup>までは線形である。

**A.** 西川

ゴムの中には微少な空隙や、カーボンブラックなどの充填剤とゴムの界面が存在している。通常、これらは安定的なもので引張力を受けてもある領域までは形状も変化せずに元に戻る。しかし限界(例えば降伏点)を超えると、微少な空隙が成長したり界面剥離が生じて元に戻らない欠陥(空隙)が生じる。更に引張力を加えていくとこれらは成長していき、最終的に破断に至る。オフセット変形を加えると、この状態がさらに厳しくなる。ただし、ポイドが成長しても、再び圧縮力を加えるとせん断特性は復活する。現在、協会の技術委員会では、オフセット引張試験を各メーカーの協力の下に来年の5~6月頃に実施する予定である。

**A.** 芳沢

Gent & Lindley (1958) の論文を引用して一般的なゴムの引張破断状況について説明する。論文によれば、降伏応力に達するまでは荷重変形関係はほぼ線形であり、それを過ぎると変形が急激に伸び出し破断に至る。このことは、ゴムの弾性率が小さい程また一層のゴムの厚さが大きい程、降伏応力が小さくなる傾向が見ら

れる。破断面にはポイドの痕跡が見られるが、ポイドの存在はゴムを切断しなければ確認できないため、これがどの段階で生じるかを明らかにするのは困難である。引張ひずみ100%を繰り返し載荷した後にせん断試験を行った結果(BSで実施)では、引張ひずみが数回入ってもその後のせん断特性には影響は見られず、また圧縮剛性についても影響は見られなかった。ただし、100%の引張ひずみによって、せん断や圧縮剛性に变化は見られないとしても、分子レベルで何らかの影響を受けていると考えられる。したがって、一度降伏応力以上の引張力を受けたゴムの、長期間そのまま使い続けることに関しては不明な点が多い。

**Q.** 積層ゴムの引張を考慮した解析を行う場合、引張剛性を圧縮剛性より低くした復元力特性のモデル化が必要である。その際に、高減衰積層ゴム、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴムで引張剛性に違いがあるかについて知りたい。

**A.** 芳沢

ゴム材料の縦弾性係数E<sub>0</sub>が違えば、初期剛性も違うはずである。また、オフセット変形量によっても初期剛性は異なる。オフセット変形がない場合で、引張剛性は圧縮剛性の1/3~1/6くらいの範囲にあるのではないかと考えられる。

**C.** ここで示されている引張試験の結果は、試験装置の能力の制限により縮小試験体のものが多い。実機より縮小試験体の方が、積層体に比べてフランジが剛である。積層体のみでは、圧縮剛性の1/3~1/6程度の引張剛性かもしれないが、実大の積層ゴムではフランジの曲げ剛性の影響が無視できないと考えられる。その場合には、引張剛性がさらに低下するはずである。今年の建築学会大会では、実大積層ゴムではかなり剛性が低下している実験結果が発表されている。

**C.** この実験の担当者として900φの積層ゴムの結果を説明すると、引張のごく初期の段階では圧縮剛性の1/6

程度であった。しかし、実際の設計では装置全体(積層体+フランジプレート)としての剛性を評価する必要があり、その場合には圧縮剛性の1/20~1/30という剛性を考えている。

**Q.** 例えば引張降伏時の面圧が $20\text{kgf/cm}^2$ というのは平均面圧での値である。積層ゴムの径が大きくなれば、応力分布も均一とならず端部に応力が集中し不利になるのではないかと積層ゴムのサイズの違いによる引張降伏応力の変化に関するデータがあれば提示して欲しい。

**A.** 芳沢

1300φの積層ゴムの実験結果があるが、現在整理中である。

**Q.** 引張特性に荷重速度の影響はないのか? 荷重速度が速く、低温の状態では、積層ゴムが脆性的に破断しないか? また、天然ゴムと高減衰ゴムでは引張破断の状況に違いはあるか?

**A.** 芳沢

ゴムの一般的な特性としては、速度が速くなると応力は上がり、変形量が小さくなる傾向にある。降伏応力の荷重速度依存性について定量的には把握していない。10Hzくらいの荷重振動数では、脆性的な破壊はないと思われる。

**A.** 西川

温度が下がっても\*1ゴム弾性領域を維持していれば、脆性破壊はない。

\*1 ゴムは粘弾性体であるが、加硫により粘性的性質が殆ど消失し弾性的性質(引張っても元に戻る)が主体となる。ゴムは高温から室温以下の低温にかけてミクロブラウン運動の活発な“ゴム弾性領域”があり、順次低温になるにつれてゴム弾性は消失し、永久ひずみの大きな“転移領域”となり、更には“ガラス状領域”いわゆる脆い状態になる。

**A.** 芳沢

高減衰ゴムは温度による特性変化は大きいですが、天然ゴムに比べ結晶化しにくいので、0℃程度では問題はない。

**Q.** 破断試験によって壊れた積層ゴムの状態を展示するとか、破断に至る過程をビデオで示すと言った方法で、積層ゴムの最終状態を設計者に開示できないか?

**A.** 鈴木

圧縮せん断破断させた状態の積層ゴムはOHPで示した通りであり、引張破断させた場合はここには資料を持ってきていないが鉛プラグが抜け出るような破断状況であった。当社の試験所では直径800φ程度までのLRB、RBの破断試験は行っているので写真の提示は可能です。

**A.** 西川

最終状態に至る試験のビデオについては、必ずしもご希望のものが入手できるとは限らないが、破断面を

見たいのであれば、電中研に最終状態の試験体がまだたくさん残っているので、確認する事は可能である。

**C.** 設計者としては、最終状態に至る過程を知ることができ、積層ゴムのどのレベルまで使えるのかを判断することができる。電中研にあるからといって誰もが自由に見られるわけではないので、協会にあれば会員は自由に最終状態のビデオが見られるような体制をとって欲しい。

**Q.** LRBでは、最終状態において鉛プラグと積層ゴムがどのようなになっているか?

**A.** 鈴木

鉛プラグは、形状にもよるが、せん断ひずみ1000%以上で再結晶しなくなる。したがって、300%程度のせん断ひずみでは問題はない。

**A.** 西川

限界性能について補足したい。高面圧下での圧縮せん断試験時、 $S_2$ の小さい比較的不安定な形状の積層ゴムでせん断力除荷時に積層体のせん断変形が一律にもとに戻らないで、積層体の一部分にせん断変形が残った状態で上下フランジの相対変形がゼロになる現象が見られる。このような変形モード(以下、曲がりモードと呼称)が見られるときの荷重変形関係は変形がゼロ付近で勾配がゼロ、あるいは負勾配が生じ、不安定な状態である。曲がりモードが生じる状態を積層ゴムの限界状態の一つとして位置づけるべきなのかどうかについて、技術委員会性能評価WGで討議している。

**Q.** 曲がりモードの発生は銅板露出型で見られる現象なのか?

**A.** 西川

被覆型、露出型いずれのタイプにも見られる現象である。

**Q.** 曲がりモードが生じるような高面圧でのせん断破断ひずみが、通常の面圧での破断ひずみと変わらないとすれば、変形が小さい領域でせん断剛性が低いというのは免震にとっては理想的な性能ではないか?

**A.** 芳沢

曲がりモードは、高面圧下において一度変形を受けた後に発生するものであるから、初期の状態では剛性は低下していない。剛性低下のみに着目すれば理想的かもしれないが、高面圧である限り、クリープ変形の増大などの耐久性への影響は無視できないので、一概にこれを良しと判断することはできない。曲がりモードの発生の原因は、内部銅板の平行度が完全でない、ゴム厚の不均一、成型時のひずみ等が影響すると考えられる。



**Q.** 圧縮力を加えたときに、軸力と軸変形の荷重変形曲線の立ち上がりが緩やかであったり、すぐに立ち上がるなど、ばらつきが見られる。これも、曲がりモード発生の原因と同様に製造誤差によるものなのか？

**A.** 西川

誤差ではなく、ゴムの特性によるものである。通常、荷重変形曲線の立ち上がりは緩やかである。

**A.** 芳沢

出荷時検査で出している結果では、ゴム素材の影響で荷重変形曲線の立ち上がりは緩やかである。

**Q.** 学会指針の積層ゴム鉛直剛性評価式で得られる値は、鉛直方向の荷重変形関係のどの部分の勾配を表しているのか？

**A.** 芳沢

積層ゴムの鉛直ばね定数は、ゴムの体積弾性係数とゴムの縦弾性係数、硬度補正係数、1次形状係数で決まる。指針の評価式は、建物の荷重が加わった後で、上下方向の振動特性を検討するためのものである。したがって、荷重ゼロからの立ち上がり部分の剛性を評価の対象とはしていない。所定の長期軸力がかかった状態で、そこから±30%の荷重変動に対する履歴ループのpeak to peakを結んだ等価剛性である。1次形状係数は形状により決まるが、それ以外の定数は、鉛直剛性をあらかじめいろいろな形状の積層ゴムの実験結果より求めておき、それから逆算して評価している。

**A.** 西川

鉛直ひずみのどこをとるかによって剛性は異なる。また、載荷時のカーブによる接線剛性、あるいは長期軸力±30%の荷重変動に対する履歴ループのpeak to peakを結んだ等価剛性など、剛性の定義によって差が生じる。しかし、立ち上がりを除けば、それほど大きい差にはならない。

**A.** 鈴木

評価方法は芳沢氏の説明の通りである。直径の大きな積層ゴムの場合の鉛直剛性の測定においては、2000t、3000tクラスの試験機を使う必要があり、鉛直剛性を厳密に評価しようとする必要があり、鉛直ひずみの測定は1/100cm程度以上の精度が必要である。この測定精度に対して試験機ヘッドやアイソレータフランジ、試験機への取り付けプレートなどの試験荷重による変形も無視できない。すなわち現在の測定方法では、試験機自体の荷重による変形や取り付けプレート類の変形も積層ゴムの鉛直ひずみとして計測されている。また、鉛直剛性の立ち上がりが緩やかな原因として、アイソレータ上下フランジの平行度に起因したものもある。載荷初期には上下フランジと試験機ヘッドが平行となって全面

が当たるまで緩やかな履歴として計測される。

**Q.** 面圧依存性やひずみ依存性が少ないといった鋼板露出型のメリットは、これを採用した後で明らかになったというが、当初、これを採用した理由はなにか？また、被覆型を採用しているメーカーは鋼板露出型をどうとらえているのか？

**A.** 西川

鋼板端部が見えるということは、成型上の接着や精度確保の点で品質管理がしやすいという理由で採用した。

**A.** 鈴木

当社では、橋梁用積層ゴムで鋼板露出型に近い形を検討したことがある。橋梁用積層ゴムの疲労試験で、橋げたの温度伸縮を想定したせん断ひずみを与えた状態で活荷重分の応力振幅を数百万回与えると、積層ゴムの自由側面部ではらみ量変化の繰り返しにより内部鋼板エッジ部にゴムの疲労損傷が発生することがある。鋼板露出型の場合はゴムのはらみは鋼板の内側でおこなわれるため損傷は少なくなり、この場合耐久性の点でメリットがあることは認識している。しかし、鋼板露出型は製造が難しく、加硫接着したあとでゴムのはらみ分を削り取るといった方法も考えたが、いずれもコストアップにつながり、鋼板の耐食性も問題あり（当時は鋼板をステンレスとしていた）現在は採用していない。

建築用積層ゴムでは荷重の変動は橋梁に比べはるかに小さいのでこの問題はない。

**A.** 芳沢

当社では<sup>\*2</sup>後接着タイプの積層ゴムで鋼板露出型を検討したことがあり、鋼板がゴムより出ている方が、面圧依存性が若干優れるという結果が得られている。圧縮力によって外へ膨らんだゴムを露出部分の鋼板が受けることで、見かけ上直径が大きくなり、面圧依存性が良くなると思われる。しかし、ゴムとの接着性を高めるために表面を活性化させた鋼板は錆やすく、被覆ゴムを後巻きにすると、鋼板の錆を抑えることはできないと考えられる。それよりも、加硫時に酸素を追い出し一体化した方が耐久性がよい。したがって、耐久性のことを考えると、現状も鋼板露出型を採用するつもりはない。

<sup>\*2</sup> 後接着タイプとは、ゴムと内部鋼板を加硫一体化接着させるものではなく、ゴムを予め円形シート状に加硫しておき、鋼板と特殊な接着剤で後から、熱と圧力を作用させて接着させるものです。従って、固着のようにゴムと鋼板の密度を期待するものではなく、積極的に接着により強度を保証しようとするものである。

**A.** 西川

中に酸素が入らないように被覆ゴムにテンションをかけて巻けばよい。耐久性という点では、被覆ゴムの

劣化による剛性変化は無視できず、被覆ゴム一体型では被覆ゴムの劣化が剛性変化に及ぼす影響が大きい。後巻きにした場合、その影響が少ないことは確認している。

**Q.** 酸化によるゴムの劣化を防ぐには、被覆ゴスを厚くすればよい。国内の積層ゴムは、外国のものに比べて被覆ゴムが薄いように思われるが、その点はどう考えているか？

**A.** 芳沢

外国の積層ゴム、例えばDIS社(米国)の積層ゴムでは積層体のゴムが天然ゴムであれば、被覆ゴムも天然ゴムというように、中と外で同じゴムを用いている。当社では、被覆ゴムには耐候性のよいゴムを使用しており、その分薄くしている。被覆ゴスを厚くすると、剛性への影響も無視できないし、製造上にも問題が生じる。ゴムは熱伝導性が悪いので、被覆ゴムが厚いと加硫接着工程において積層ゴムの表面ばかりが加硫してしまい、積層ゴム全体を均一に加硫することが困難である。

**Q.** 何年ぐらいの耐久性を考えているか？

**A.** 芳沢

最低60年ぐらいを考えているが、それ以上は不明である。

**C.** 200年ぐらいにして欲しい。もし、被覆ゴスを僅かに厚くするだけで、60年から200年に伸びるのであれば、ぜひそうして欲しい。剛性変化の影響が大きいというのであれば、最初から、変化を見込んで設計すればよい。

**Q.** LRBの修正バイリニアのパラメーター評価式の適用範囲を教えてください。また、提供されている資料にはせん断ひずみ200%までの結果しかなく、それ以上の領域におけるLRBの挙動が知りたい。

**A.** 鈴木

形状係数により適用範囲は変わってくるが、P-Δ効果を考慮して線形と見なせる範囲までを適用範囲としている。225%までの試験結果および評価式については今年の建築学会大会で発表している。さらに、形状によって適用範囲は異なるので、個別対応で適用限界について提示が可能である。

**Q.** 免震構造入門に掲載されている協会の規格(案)では設計面圧のもとでクリープ特性を検討するようであるが、長期面圧ではないのか？

**A.** 芳沢

当社では1次形状係数、面圧、環境温度に依存してクリープ量が増加すると考えており、これらの要因を変化させたクリープ促進試験結果を配布資料に掲載している。試験結果をもとに作成したクリープ予測式があるが、これについては公表できない。ただし、設計者

からの問い合わせに対しては、配付資料に示したような図を提示している。

**A.** 西川

当社としては促進劣化試験(高温で温度加速する)には少々疑問を抱いているので、ここでは、福岡大学で行った促進劣化させないクリープ試験の結果について示す。設計面圧の1.5倍ぐらいの鉛直荷重を2年間かけた後では、ほとんどクリープが見られなかった。

**A.** 鈴木

直接、クリープとは関係ないかもしれないが、今年の建築学会大会においてLRBの温度特性、および竣工10年を迎えた実在免震建物に設置されたLRBの経年変化調査結果について発表しているの、それを参考にしたい。10年間のクリープ量は約1mmであり、60年後のクリープ量を予測すると約3.6mmとなった。

**Q.** 高面圧下での長期使用についてはどうか？

**A.** 芳沢

クリープ量については先に示した予測式で評価できると思われるが、高面圧を長期間作用させたときのゴムの劣化、破断限界ひずみはどうなるかについては不明である。古い例として橋梁に使用された積層ゴムの面圧でも60~80kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、高面圧で長期間使用した積層ゴムの事例はない。したがって、回答として裏付けのあるデータを示すことは現在のところできない。

**A.** 西川

圧縮破壊試験や面圧依存性に関する実験データの蓄積により、面圧150kgf/cm<sup>2</sup>程度までの使用については問題はないということが確認がされるようになり、以前よりも使用面圧は高くなっている。しかし、曲がりモードが発生するような高面圧で使うことは好ましくないと考えるので、あるところで歯止めは必要であると考えている。

**A.** 鈴木

面圧300kgf/cm<sup>2</sup>までの実験データについて示す。高面圧になるとクリープ量が増大することの他に、せん断変形を受けたときの沈み込みも大きくなる。一般に討議されている面圧は平均分布とした場合の数値である。実際には単純圧縮時でも積層ゴムの接触圧力は、中央部で最大となる放物線分布となり平均圧力の2倍程度となる。これに、せん断変形の影響、地震の上下動の影響、建物の転倒の影響による圧力の増加を考えると局部的ではあるが平均分布圧力の3~5倍となることも想定される。このように基礎にも大きな応力が発生することとなり、安易に高面圧化をはかるのは良くないと考えている。現在、120kgf/cm<sup>2</sup>までを適正面

圧と考えている。

**Q.** 耐久性の検討は別置き縮小試験体で行うことが多いが、別置き試験体は実機よりもゴム劣化による特性変化が大きいと考えられる。建築センターで要求されるように別置き試験体の特性変化を±10%で管理するのは難しい。ゴム表面の劣化が積層ゴム全体に及ぼす影響は、劣化の範囲と積層ゴムのサイズとの比較から実機の方が少ないと考えられ、例えば別置き試験体で±20%の特性変化があっても、実機では±20%も変化していないと思われる。別置き試験体と実機との特性変化の関連性について示す資料はないか？

**A.** 鈴木

100φと300φとで劣化の違いを調べた結果はある。確かに、径が大きい方が劣化は少ないと考えられるが、ご質問に合致するようなデータはない。

**A.** 芳沢

積層ゴム入門p91の図8-5に橋梁用積層ゴムの劣化調査結果が掲載されている。積層ゴム表面からの距離とゴム硬度の分布を参考にして、全体として剛性変化がどれくらいあるのかを予測することはできそうである。

**A.** 西川

促進劣化試験によるクリープ量の予測は、近似する直線の傾きが多少変化しても60年後で数mmの差しか現われない。しかし、長期劣化による剛性変化は、直線の傾きの違いがすぐに数10%の変化となって現われるので、長期間の剛性変化を精度良く予測するのは難しい。

**Q.** ゴムメーカーには、積層ゴムではなくても、数十年を経た古いゴムは残っているはずである。そういうゴムで経年変化を調べることはできないのか？

**A.** 芳沢

確かにゴムは残っているが、初期の特性が不明である。

**A.** 西川

残っているのは薄いゴム片であり、積層ゴムのような厚いゴムではない。したがって、劣化の状況がかなり異なると思われる。

**C.** UC BerkeleyのKelly教授とゴムの劣化について議論したとき、アメリカでは古タイヤが何十年も山積みされ、海の中で漁礁としても使われていることを例にとり、教授はゴムの劣化を全く気にしていないようであった。古タイヤの切れ端からでも、何らかの情報は得られないのか？

**A.** 芳沢

何らかの情報は得られると思う。そういう試験結果を公表することは、メーカーの責任でもあるので、対処していきたい。

**Q.** 積層ゴムの中心孔は小さい方が力学的特性上好ましいと言われているが、中心孔を無くして製作することはできるのか？その場合には歩留まりはどのくらいか？

**A.** 芳沢

基本的に、中心孔を無くしても製作できる。高減衰積層ゴムは比較的中心孔が大きい。これは、中心孔を無くして外側からだけ熱を加えると、ゴムが熱を通しにくい外側が劣化促進試験をやっているような状況となり、積層ゴムの性能確保上好ましくないからである。よい製品を造るためには、中と外からあまり温度を上げずに低温で長時間熱を加えて加硫することが重要であると考えている。また、加硫中にゴムが流動的になり内部鋼板がゴムの中で浮いたような状態となる。この過程で、鋼板の位置がずれることも考えられ、鋼板の位置決めのためにも中心孔は必要である。鋼板の位置がずれるとすれば歩留まりは悪くなることが予想される。したがって、中心孔を無くして製作することはできるが、性能を確保するためにも最低20mmくらいの中心孔は必要である。

**Q.** 鋼板露出型では、中心孔が不要なのではないか？

**A.** 西川

出来ないことはない。確かに鋼板露出型の方が穴の持つ加工上の影響は少ないが、接着性を確保するなどの意味においても最低20mm程度の中心孔は必要である。

**Q.** 復元力特性やモデル化をメーカー間で統一することは考えていないのか？

**A.** 芳沢

統一することが、各社の開発競争を促すことを妨げ、免震全体にとって良いことなのか疑問である。もし、統一するとすれば、一番レベルの低いメーカーの性能に合わせるように統一されてしまうであろう。確かに、使う側にとっては、統一した方が性能発注しやすく便利ではある。天然ゴムは、どこのメーカーが製作しても基本的には変わらないし、LRBも鉛が同じであれば基本的に性能は変わらない。しかし、高減衰ゴムは添加物によりせん断ひずみ依存性がかなり変わってくる。添加物の内容はメーカーによって違うであろうし、その内容は通常、メーカーのノウハウとして公開しないであろう。したがって、高減衰積層ゴムの性能をメーカー間で統一することは、他の積層ゴムに比べて難しいと言える。免震が普及していく上で統一した方が良いという意見が大勢となるようであれば、統一の方向へ行くかもしれないが、現在のところはそういう動きはない。

**C.** 協会の会員として、同じ会員である積層ゴムメー

カーに対して、積層ゴムの詳しい性能を聞くことは免震の性能を追及していく上で設計者として当然の行為であると思う。しかし、どのようにモデル化して、どう使ったらよいかということまでメーカーに聞くという姿勢には設計者として疑問を感じる。積層ゴムメーカーに対して解析に必要なプログラムまで提供せよという設計者もいるようであるが、積層ゴムの性能がメーカーから提示された後に、これをどう使って設計するかは設計者として最も腕を発揮すべき領域ではないのかと個人的には考えている。

**Q.** 各社で高減衰積層ゴムの性能が異なるということは、性能発注はできないのか？

**A.** 芳沢

高減衰積層ゴムでは基本的には性能発注に対応するのは難しい。ただし、橋梁用では、要求性能に幅を持たせているので、 $G-\gamma$ 関係が許容値内に入っていれば、LRBも高減衰も同じ土俵で比較が可能であるということで性能発注に対応できる。建築では、現在そういう比較はされないの、指定となるケースが多い。

**Q.** 高面圧、大変形、環境温度の変化などの過酷な条件が複合された状態における積層ゴムの挙動、およびこのような条件の相乗効果が知りたい。

**A.** 鈴木

単一条件をパラメーターとして試験は行っているが、複合させた試験データは持っていない。

**Q.** 長期的に偏心荷重が加わった場合はどうなるのか？全体に一律圧縮力が作用する場合と、偏心荷重が作用した場合とでは、水平方向の復元力特性に変化はないのか？

**A.** 鈴木

個々の部材に対する偏心荷重は、基礎梁の曲げ剛性で吸収されるため積層ゴムには作用しないと考えている。ただし、橋梁では活荷重による偏心荷重を想定している。この場合には、引張側においても圧縮力が残るように、あらかじめ全体に圧縮力を加えておく。偏心荷重作用時のせん断試験のデータはないが、偏心荷重により積層ゴムの上下の平行度がくずれた場合には、せん断方向によってせん断特性に違いが生じると思われる。

### おわりに

活発な議論が展開され、終了予定を1時間以上オーバーしてしまいました。積層ゴムのメーカーの方々を講師として一同に迎え、日頃、疑問に思われていることを率直に質問できることは、免震構造の設計者にとって貴重な機会であると考えます。議論を盛り上げ、貴重なご質問、ご意見を頂いた参加者各位、ならびにご回答頂きました講師の方々に深く感謝致します。今後、他のメーカーの方々にも講師としてご参加を頂き、より多くの最新の情報を提供できる場として、本講習会の開催を継続していきたいと考えております。

技術委員会 講習会作業WG主査 中山光男  
司会 柳沢延房  
記録 菊地 優

# 免震建物の維持管理に関するアンケート調査

維持管理委員会 維持管理標準WG

## はじめに

免震部材の維持管理は、免震建物が使用期間中に遭遇する地震時において確実に免震機能を発揮し建物の安全性を保持していくために行っていくものです。

「維持管理委員会」では、免震建物の維持管理基準を提示し運用に移行すると共に当協会としての維持管理事業の展開も進めております。

今回、「維持管理標準WG」では、免震建物の維持管理の実態と維持管理事業の市場性を調査するため既評定物件を対象にアンケート調査を実施致しました。

アンケート調査票は、第一種正会員各社に送付し436件の調査対象物件より308件の回答を得ております。

アンケート調査結果の概観では、免震建物の維持管理は着実に浸透してきており、今後は、免震建物の件数の増加と共に、いかに効率よく維持管理を行っていくか、又、長期にわたる維持管理体制をどう維持していくか真剣に検討していく段階に至っているとの印象を受けております。更に、免震建物の維持管理業務を今後、当協会に委託していくことを検討しておられる件数も多く当協会の維持管理事業への期待も大きいと考えられます。

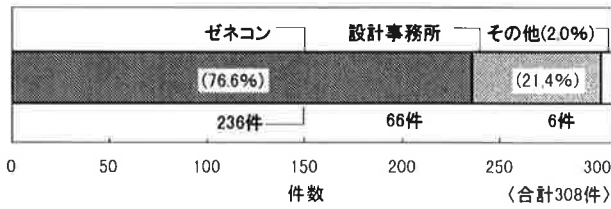
アンケート調査でコメント欄に書かれた意見より下記の要望が多く見られ当協会における今後の維持管理事業に反映していく必要性を感じております。

- 1) 当協会の第三者機関としての維持管理事業を含めた活動への期待
- 2) 維持管理作業内容の簡素化（定期点検期間の見直し、点検部材数の低減等による点検費用の低減）
- 3) 別置試験体の当協会あるいはメーカーによる統括的管理
- 4) 維持管理における定期点検結果データの公開

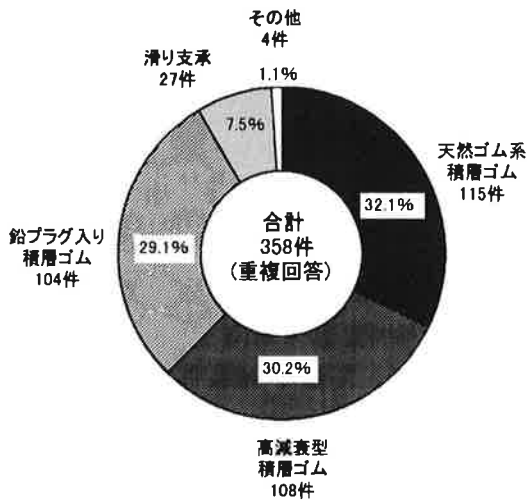
ここに調査結果のまとめを報告致しますと共に今後の会員各社における維持管理の参考資料になることを願っております。

ご担当の方々には、お忙しい中アンケートに協力いただき誌上をかりてお礼申し上げます。

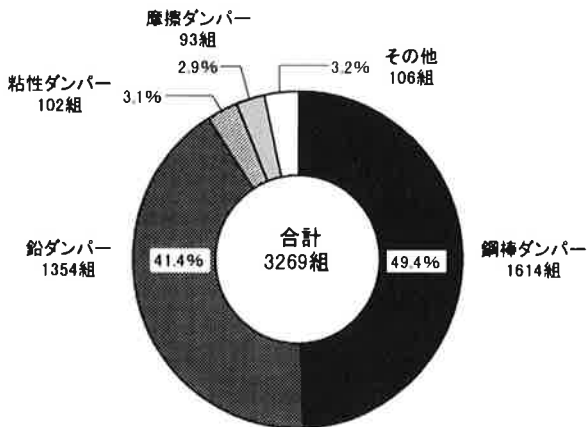
設計者の所属は？



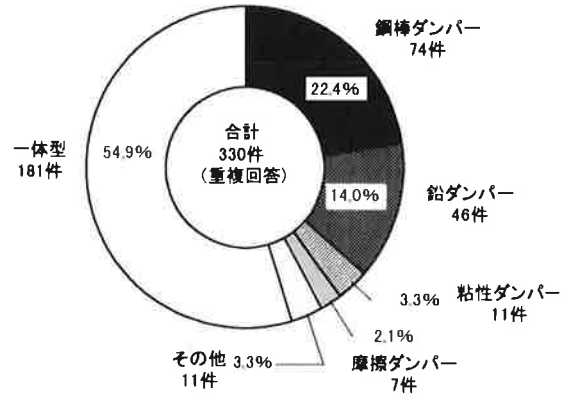
免震部材(荷重支持部材)の種類と件数は？



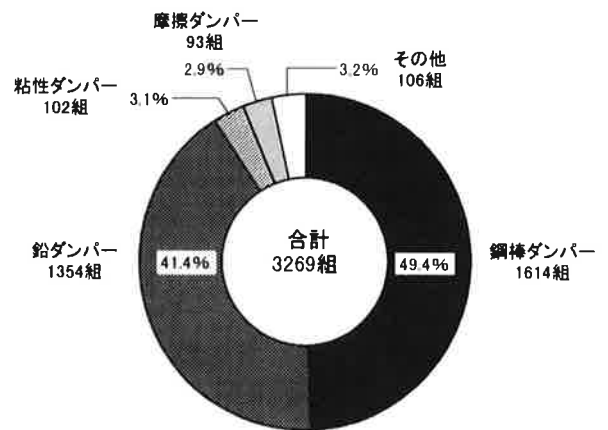
免震部材(荷重支持部材)の種類と個数は？



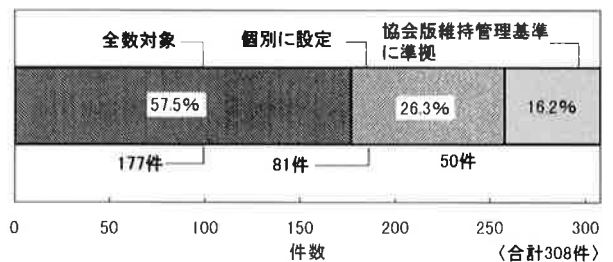
免震部材(ダンパー)の種類と件数は？



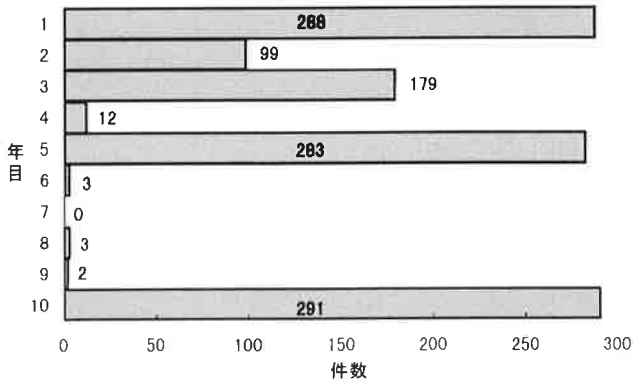
免震部材(ダンパー)の種類と個数は？



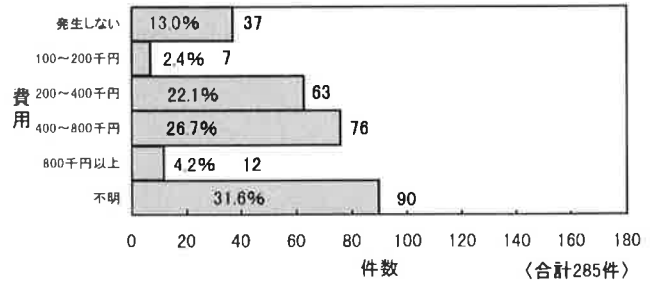
免震部材の定期点検個数は？



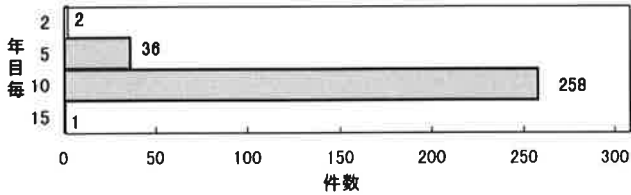
定期点検の頻度は？ (1~10年)



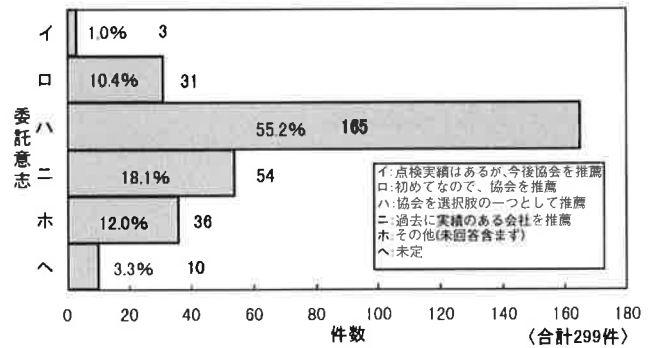
1回の定期点検にかかる費用は？



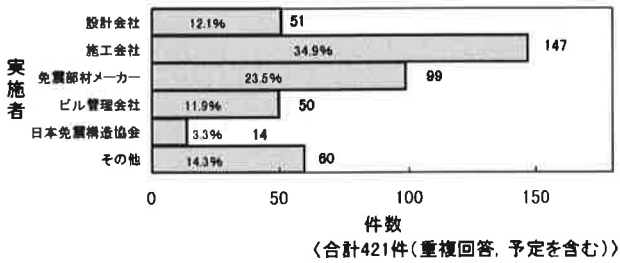
定期点検の頻度は？ (10年目以降)



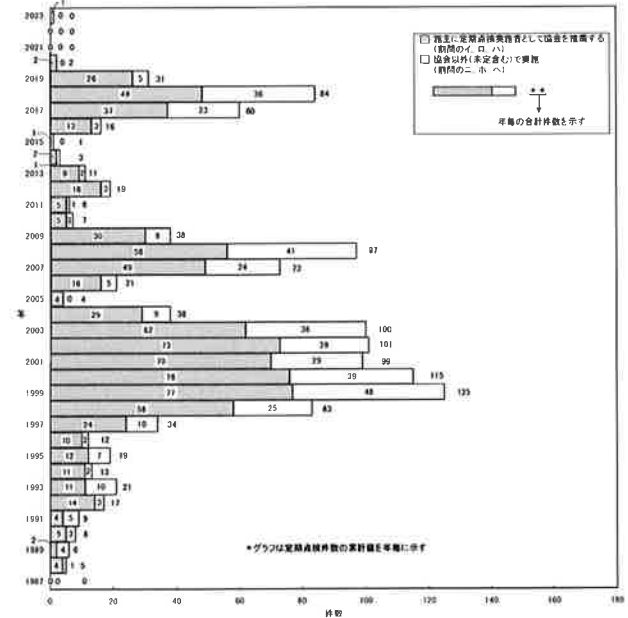
協会への維持管理業務の委託をオーナーに提案する意志について？



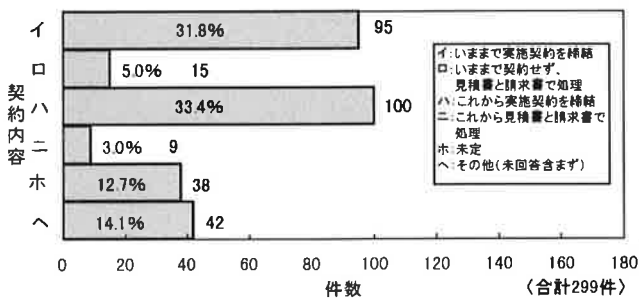
定期点検を実施されている方は？



年別定期点検件数は？



実施契約を結ばれていますか？



# 国内の免震建物一覧表

(日本建築センター評定終了の免震建物)

※ 意匠設計はビルディングレターの免震性能評価シートが出た時点で逐一、掲載していきます。 ※ MENSIN No.19からの追加はBCJ-免449～です。

No	評定		物件名	設計者	施工者	建物の概要			用途	建設地	免震装置	
	BCJ	年月				階	延べ床面積(㎡)					
451	-免449	'97.9	(仮称)市川共同住宅新築工事	小西建築構造設計	市川土木	RC	5	—	988	共同住宅	静岡県静岡市	
452	-免450	'97.9	茅ヶ崎市立病院新病院建設工事	岡設計	未定	S	7	1	27,444	病院	神奈川県茅ヶ崎市	
453	-免451	'97.9	真柄建設技術研究所新築工事	エヌ・ティ・ティファシリテイズ 真柄建設	真柄建設	RC	2	—	903	研究所	石川県能美郡	
454	-免452	'97.9	(仮称)株式会社デンソー本社 新ビル	清水建設	清水建設 竹中工務店	S	15	3	52,132	事務所	愛知県刈谷市	
455	-免453	'97.9	山形県立中央病院改築整備工事	日建設計	未定	SRC	11	—	61,141	病院	山形県山形市	
456	-免454	'97.10	衣笠鶴ヶ丘集合住宅建築工事	戸田建設	戸田建設	RC	11	1	13,971	共同住宅	神奈川県横須賀市	
457	-免455	'97.10	江南町役場庁舎新築工事	日総建 ダイナミックデザイン	未定	RC	3	—	3,785	町役場(事務所)	埼玉県大里郡	
458	-免456	'97.10	山梨県立中央病院新築工事	日建設計	未定	SRC	10	1	56,823	病院	山梨県甲府市	
459	-免457	'97.10	ファイザー製薬株式会社(仮称) 第4研究棟新築工事	日建設計	未定	RC	5	—	13,792	研究所	愛知県知多郡	
460	-免458	'97.10	KORC東扇島流通センター増築工事	ヒグチアソシエイツ 清水建設	清水建設	S	7	1	15,230	倉庫、駐車場	神奈川県川崎市	
461	-免459	'97.10	興亜火災神戸センター計画	竹中工務店	竹中工務店	RC	3	—	12,110	電算センター 事務所	兵庫県神戸市	
462	-免460	'97.10	(仮称)阪急茨木学園町 集合住宅建設工事(第2期3番館)	鹿島建設	鹿島建設	RC	14	—	7,507	共同住宅	大阪府茨木市	
463	-免461	'97.10	株式会社ブリヂストン東京工場 試験研究棟新築工事	梓設計	未定	RC	5	—	3,528	研究所	東京都小平市	
464	-免462	'97.10	(仮称)キャニオングランデ 浦和常磐新築工事	松村組	松村組 ユーディケー	RC	14	—	5,485	共同住宅	埼玉県浦和市	
465	-免463	'97.11	慶應義塾理工学部新棟(仮称)	大林、鹿島、フジタ、銭高	大林、鹿島 フジタ、銭高	SRC	7	2	21,286	学校	神奈川県横浜市	
466	-免464	'97.11	東京都豊島区役所本庁舎 耐震補強工事	大成建設	大成建設	RC	4	1	13,058	庁舎	東京都豊島区	
467	-免465	'97.11	(仮称)安田生命釧路ビル新築工事	鹿島建設	鹿島建設	SRC	9	—	4,909	事務所	北海道釧路市	
468	-免466	'97.11	ブリヂストンNTC(仮称)	日建設計	未定	SRC	8	1	33,941	事務所	東京都小平市	
469	-免467	'97.11	有松総合事務所新築工事	名工建設 飯島建築事務所	名工建設	RC	4	—	1,360	事務所、寮	愛知県名古屋	
470	-免468	'97.11	(仮称)坂戸志村マンション新築工事	小竹設計事務所 日立建築設計	安藤建設	RC	5	—	1,859	共同住宅	神奈川県川崎市	
471	-免469	'97.11	セントラルホテル古川	中山構造研究所 日本免震研究センター	川村建設	RC	12	—	2,058	ホテル	宮城県古川市	
472	-免470	'97.11	葉山の家(葉山展示棟)	ブリヂストン、日本システム設計 一条工務店	一条工務店	W	2	—	129	住宅展示棟	神奈川県三浦郡	
473	-免471	'97.11	(仮称)パレス宮城新築工事	東京建築研究所	宮城建設	RC	8	—	1,331	共同住宅	岩手県久慈市	
474	-免472	'97.11	(仮称)明治生命前橋ビル新築工事	鹿島建設	鹿島建設	RC	8	—	6,631	事務所	群馬県前橋市	
475	-免473	'97.11	富士市新消防防災庁舎新築工事	石本建築事務所	未定	SRC	7	—	7,689	消防防災庁舎	静岡県富士市	



No	評 定		物 件 名	設 計 者	施 工 者	建物の概要			用 途	建 設 地	免 震 装 置
	BCJ	年月				階	延べ床面積(㎡)				
476	-免474	'97.12	(仮) 浜松東第一23街区 共同ビル新築工事	矢作建設、新日鐵	未定	RC	15	—	11,243	店舗、事務所 共同住宅	静岡県浜松市
477	-免475	'97.12	(仮称) 荒井マンション新築工事	T・R・A	協和建物	RC	8	—	2,727	共同住宅	埼玉県越谷市
478	-免476	'97.12	(仮称) ポーラ箱根美術館	日建設計	未定	S	3	2	8,100	美術館	神奈川県足利下郡
479	-免477	'97.12	(仮称) 亀田総合病院K棟	フジタ	フジタ	RC	13	—	30,028	病院	千葉県鴨川市
480	-免478	'97.12	帝国データバンク本社ビル	エヌ・ティ・ティファシリティーズ	鴻池組	S RC	10	3	13,344	事務所	東京都港区
481	-免479	'97.12	特定医療法人厚生会木澤記念病院 地域災害医療センター新築工事	松村組	未定	S	8	1	3,632	病院	岐阜県美濃加茂市
482	-免480	'97.12	(仮称) 東洋不動産琴平町ビル 新築工事	大林組	未定	SRC S	8	1	2,939	事務所	東京都港区
483	-免481	'97.12	(仮称) ダイバレス平和台II計画	日建ハウジングシステム	未定	RC	9	—	5,494	共同住宅	東京都練馬区
484	-免482	'98.1	(仮称) 長居公園M新築工事	日本建設、香建築事務所	日本建設	RC	4	—	803	独身寮	大阪府大阪市
485	-免483	'98.1	(仮称) スター精密(株) 清水工場新築工事	新日鐵	五光建設	S	4	—	6,694	工場	静岡県清水市
486	-免484	'98.1	(仮称) エクセル三鷹	日建ハウジングシステム	未定	RC	9	—	10,789	共同住宅	東京都三鷹市
487	-免485	'98.1	フコク生命千葉ニュータウン 事務センター計画	清水建設	清水建設	S	10	2	23,507	事務所	千葉県印西市
488	-免486	'98.1	遠鉄田町ビル新築工事	竹中工務店	竹中工務店	S	10	1	10,494	事務所	静岡県浜松市
489	-免487	'98.1	(仮称) グエル淵野辺新築工事	東洋建設	東洋建設	RC	13	—	4,150	共同住宅	神奈川県相模原市
490	-免488	'98.1	(仮称) はすが丘コブマンション 新築工事	塩見設計	未定	RC	13	—	5,467	共同住宅	広島県広島市
491	-免489	'98.1	岐阜市消防本部・中消防署 合同庁舎建設主体工事	梓設計	未定	RC	8	—	4,890	消防庁舎	岐阜県岐阜市
492	-免490	'98.1	渥美病院新築工事	東京建築研究所 共同ストラクチャー	未定	RC	6	1	25,691	病院	愛知県渥美郡
493	-免491	'98.1	横須賀駅周辺地区ケア高齢者住宅・ ナーシングホーム棟新築工事	織本匠構造設計研究所 大成建設	大成建設他JV	SRC RC	13	—	12,280	共同住宅	神奈川県横須賀市
494	-免492	'98.1	関口邸新築工事	影山光男一級建築士事務所 住友建設	住友建設	W	1	—	128	戸建住宅	東京都港区
495	-免493	'98.1	住友不動産上野9号館	住友建設	住友建設 日本国土開発	SRC	8	1	6,776	事務所	東京都台東区
496	-免494	'98.1	(仮称) マンションサンミハレ 新築工事	東急建設	東急建設	RC	5	1	5,866	店舗・共同住宅	東京都世田谷区
497	-免495	'98.1	遠州信用金庫本店増築工事	井上建築事務所、鹿島建設	未定	SRC	4	—	1,981	事務所	静岡県浜松市
498	-免496	'98.1	(仮称) クリオ石川町新築工事	鹿島建設	鹿島建設	RC	15	—	7,920	共同住宅	神奈川県横浜市
499	-免497	'98.1	(仮称) 西麻布4丁目計画新築工事(A棟) (B棟)	三井建設、三井プレコン	三井建設	RC RC	7 8	1 —	10,496 10,735	共同住宅	東京都港区
500	-免498	'98.1	(仮称) ガーデンストリーム鴻巣【4番館】 (C地区) 新築工事【5番館】	長谷工コーポレーション	長谷工コーポレーション	RC RC	6 6	— —	4,168 7,615	共同住宅	埼玉県鴻巣市

No.	評 定		物 件 名	設 計 者	施 工 者	建 物 の 概 要			用 途	建 設 地	免 震 装 置	
	BCJ	年月				階	延べ床面積(㎡)					
501	-免499	'98.1	(仮称) NTTDoCoMo高松ビル 新築工事	エヌ・ティ・ティファシリティーズ ダイナミックデザイン	大成建設	S SRC	11	1	10,342	事務所 通信用施設	香川県高松市	
502	-免500	'98.1	中央消防署及び待機宿舍	神戸市住宅局、類設計室 ダイナミックデザイン	未定	RC SRC	9	1	9,526	消防署、共同住宅	兵庫県神戸市	
503	-免501	'98.1	(仮称) コープ西八王子新築工事 (A棟) (B棟)	浅沼組	浅沼組	RC	8 9	- -	7,118 7,918	共同住宅	東京都八王子市	

# 事務局からのたより

事務局 可児 長英

## 1. 事務局のあゆみ

1991年に協会設立活動が再開されたが、その活動の中心は山口昭一氏(現副会長)の主催する(株)東京建築研究所(東京都新宿区信濃町20)であった。1992年2月頃から協会設立の準備活動が活発に行われ、新日本製鐵の杉沢充氏等が大活躍した。1992年6月に(仮称)免震協会設立準備会の第1回が開催され、仮の事務局も置かれ、東京建築研究所の佐藤友紀氏が担当された。1993年4月30日に協会設立のための準備会が開催されるまで、準備会や幹事会がたびたび開催された。1993年6月17日に日本免震構造協会(JSSI)設立総会が行われ、東京建築研究所内に事務局が設置され、事務局長に副会長の山口氏が当たり、事務局を補佐する機能として事務局会議(メンバー:山口昭一、杉沢充、西川一郎、酒井哲郎、有田興紀、可児長英、宮崎光生の各氏)が構成された。会計は、住友建設の乗松亜希子氏が担当された。このメンバーが中心となり、事業企画準備会が1995年1月に発足し、3月には事業企画委員会となった。会員データベースの作成は大成建設の中村敏治氏と東急建設の渡辺真美氏が担当した。その後、4月に事務局長が山口氏より可児長英氏に変わる。会計も住友建設の牧田郁代氏(現ダイナミックデザイン)に変わり、事務局会議メンバーも山本裕、斉藤美和(渡辺氏と交代)、中村敏治、牧田郁代、榎原俊司(酒井氏と交代)の各氏が参加する。秋から免震建築の建設・計画が盛んになり事務局も多忙を極めるようになった。10月より東京、札幌、仙台、大阪、名古屋、福岡の各地で「免震構造入門」の講習会が行われ、事務局会議のメンバーも各地に派遣された。1996年の春には、免震建築の増加に伴い事務業務も拡大することが予想され事務局移転問題が持ち上がってきた。この間、新しい事務局の専任職員の募集が行われ、8月から佐賀優子氏が勤務することになった。8月から10月にかけて、佐藤友紀氏との引継が行われ11月に交代した。約3年半にわたりお世話になった東京建築研究所内での事務局に別れを告げた。11月1日に現在の事務局(千代田区九段北1-3-5九段ISビル)に独立した。このとき、日本建築家協会事務局の経験がある佐藤良行氏と派遣会社から清畝傍氏が加わり、事務局会議に丸谷ひとみ、田中清、小崎均(山本氏と交代)、曾谷宏平(有田氏と交代)の各氏が加わった。会員も大幅に増え事務局活動はいよいよ盛んになった。1997年3月には佐藤良行氏が退職し、4月にはフレッシュマンの和田貴子氏が入局した。「免震構造設計の実際」(第1回、3月21日)の常設

講習会が事務局の大会議室で開催された。以後5回にわたり、現在まで専科講習会なども、事務局大会議室で開催できるようになった。7月に建設省出身の上岡政夫氏が加わり可児氏と事務局長を交代した。8月から円滑な会の運営を目指して会務会議が開催されるようになり、11月に移転1周年を無事迎えることができた。1998年1月に賀詞交歓会が開催され、事務局各員が紹介された。やっと事務局も、ソフトハードとも整備され、業務も順調に進められるようになり委員会・講習会などに加えて、法人化や免震建物維持管理の為の点検事業の事務局としての業務も行っています。このことは、会員の皆様の力強いご支援とご協力のおかげです、また、山口副会長及び東京建築研究所の並々ならぬご協力の賜と、事務局一同感謝しております。

## 2. 現在の事務局

現在の事務局は、57坪の事務室の半分が会議室に供され、残りが会員コーナー及び事務局に配されています。事務局職員は、上岡政夫事務局長(理事)と佐賀優子主任と和田貴子氏及び派遣会社社員の清畝傍氏の各氏と、非常勤の可児長英専務理事と、5名で構成されています。事務局の業務は、会員関係業務と本会の行う事業及び会の運営などの管理業務に大別されます。会の円滑な運営を図るための会務会議の主宰や、会全般の運営に関し可児専務理事がこれに当たり、事務局の総括と法人化対応を上岡事務局長が当たっています。会務全般と総務・会計関係を佐賀主任が担当しています。また事業系の委員会関係は和田局員、データベース関連は清局員が主に担当しています。



現在の事務局

後列左より 清 上岡 可児  
前列左より 和田 佐賀

また、事務局の事業系委員会への参加は以下の通りです。

可児専務理事 技術委員会、事業企画委員会、基盤整備特別委員会、法人化委員会  
 上岡事務局長 法人化委員会、事業企画委員会、基盤整備特別委員会  
 佐賀主任 事業企画委員会、基盤整備特別委員会  
 和田局員 技術委員会

### 事務局の歴史

1991年(平03) 協会設立活動が再開 (株)東京建築研究所に仮の事務局設置  
 1992年(平04)1月 (仮称)免震協会設立の提案書作成  
 1992年(平04)2月～4月 協会設立の準備活動活発  
 1992年(平04)6月 (仮称)免震協会設立準備会開催 事務局担当佐藤友紀  
 1993年(平05)4月30日 協会設立のための準備会開催50名参加  
 1993年(平05)6月17日 日本免震構造協会(JSSI)設立総会 初代会長梅村魁  
 東京建築研究所内に事務局設置、事務局長山口昭一  
 事務局会議発足、会計担当住友建設乗松亜希子  
 1994年(平06)6月16日 第1回総会開催  
 1995年(平07)1月31日 梅村魁会長逝去  
 1995年(平07)4月 事務局長可児長英、会計担当住友建設牧田郁代  
 1995年(平07)7月6日 第2回総会開催、二代会長中野清司  
 1995年(平07)10月 東京、札幌、仙台、大阪、名古屋、福岡の各地に於いて  
 「免震構造入門」の講習会開催、事務局会議メンバー派遣  
 1996年(平08)6月20日 第3回総会開催  
 1996年(平08)8月1日 事務局佐賀優子入局  
 1996年(平08)11月1日 事務局移転、事務局佐藤良行、清畝傍入局  
 1997年(平09)3月 常設講習会「免震構造設計の実際」事務局大会議室で開催  
 1997年(平09)4月1日 事務局和田貴子入局  
 1997年(平09)6月20日 第4回総会開催、専務理事可児長英、理事上岡政夫  
 1997年(平09)7月1日 事務局長上岡政夫入局  
 1997年(平09)8月 会務会議設置  
 1998年(平10)1月 賀詞交歓会開催

### 3. 事務局員からの一言

事務局の方々に何か一言書いてもらいましたので顔写真とともに紹介します。



可児 長英(かにながひで)

モールス信号：

趣味の一つにアマチュア無線があり1954年に資格を取り、1977年には第1級アマチュア無線技士になりました。当時学科試験は論文形式で1級建築士よりかなり難しく、特に実技の和文モールス信号の送・受信は大変でした。誤字を打電すると

8短点からなる訂正符号を打ちますが、ここで間違っていると訂正符号の訂正符号を打電することになりパニック状態になります。また、受信は1文字聞き損こなうと、何という字かなと思っている間に5字から6字ほど聞き逃してしまいます。一つのミスが誤った情報をもたらし混乱を招くこと、一つのミスでくよくよしていると全てを失うことなどを実感させる試験でした。マルチメディアの現代、モールス信号のような原始的な情報伝達の方法は高速な他の通信方法に場を奪われ既に過去のものとなっています。方法は単純で通信の基本を示唆しています。今、アマチュア無線の世界ではこのモールス信号を保存しようという運動が盛んです。

インターネット時代の通信は複雑で人間の理解の域

を越えてしまいます。真の情報の意味を捉えるには豊富な知識と経験と勘が要求されるようです。



上岡 政夫(かみおかまさお)

自彊不息：

会誌MENSIN第20号記念慶賀に存じます。関係者の労を多とします。会誌第20号記念に肖り、感慨を申し述べます。それは、建設省に法人化申請をしていることで、昨年8月、協会の活動状況の資料要求があり、本会誌の報告をすることとなりました。協会に参り日の浅い時期でしたが、会誌を創刊号から通覧し考え、創刊号は発足報告であるから除外し、第2号から第17号まで目次を一覧出来るよう「論評」「設計解説」「建築報告」「部材解説」「見学記」「免震情報」等に集約、主要項目として一覧表化して記載、パソコンアレルギーながら清さん等皆さんの手助けで完成しました。その結果、創刊号から通覧できたこと、バックナンバーにスポットを当てたこと、継続すること等が望外の喜びでした。

そこで、中国3000年の歴史の中で語り継がれた易経の一節「自彊不息」(じきょう休まず)(意味、自ら努力を続けること。)を会誌に贈る言葉とします。これは亦自分自身に与える箴言です。



佐賀 優子(さがゆうこ)

免震構造協会設立に当たっては、たくさんの人たちの協力を得てスタートできたことを聞いています。特に、杉沢さん(新日本製鐵)が、東奔西走、協会設立のために会員の勧誘に走り回って下さったことなどは、すごい行動力だと思います。今の事務局があるのも、協力して下さったみなさんのおかげです。その事務局は、私にとって、普段の日と特別な日とがあります。特別な日とは、大きな行事やイベントの日を指します。その中でも、総会とフォーラムは、早めに予定を組んで準備をしていきますが、当日、予定通り会が進み無事終わりますとほっとします。私は、華やかな人の集まる場所は苦手なので、普段の日が好きです。1年前は、仕事ばかりしていたように思います。最近は、休日には、簡単な料理を作ります。近くのスーパーで、値段を気にせず買い物をして好きな料理を作ることが一番のリラックス法です。

免震協会に勤めて、免震のことを知れば知るほど、私でも免震マンションに住みたいと思うようになりましたが、実際にはなかなか手が届きません。もっと、一般の人にも“免震”の良さが知られ、私たちに身近になるように願っています。

新しい仕事に変わることはエネルギーがいりますが、前より毎日を大切に過ごしているように思います。



和田 貴子(わだたかこ)

日本免震構造協会の事務局でお世話になって1年が経ちました。現在は委員会活動のお手伝い、講習会の受付等、担当しております。1年はあっという間でしたが、今思うと一年前は電話応対もままならず、「よく雇ってもらえたなあ…」と我ながら感じます。ただ、日に日に自分の名を覚えて下さる方が増え、FAXでも自分宛のものが送られて来ると、とても嬉しく感じました。初めてのお給料を頂いたときの、嬉しさと「こんなに頂いていいのだろうか。」という当惑した気持ちをいまでもはっきり覚えています。「時が過ぎても、入り立ての頃の気持ちを忘れずにいたいな」と思っております。これからもよろしくお願いたします。



清 敵傍(せいうねび)

私は事務局が九段下へ引越した時から派遣社員として事務局にいます。簡単な事務とこまごまとした作業が私の主な仕事です。パソコンもまともに使えず、知っているのは「一太郎」という所からスタートしましたが少しずつ覚え、一日の大半をパソコンの前で過ごしている事もあり初めて知るといった事が多く、毎日楽しんで仕事をしています。

「免震」と「事務仕事」を今までまったく知らずに過ごしてきたので、電話での問い合わせは、まず質問の意味が分らず対応の仕方も分らずといった分からない事だらけで、電話応対がかなりおっくうでした。最近ようやくそのおっくうさがなくなりましたが、やはり質問の意味が分からない事は多々あります。私にとっては電話応対が会員の方々との唯一ともいえる接点なので、失礼にあたらぬ様心掛けています。

### 技術委員会 ————— 委員長 和田 章

技術委員会は5つのWGの活発な活動により成果を上げている。各WGの主査にこの一年の成果をまとめて戴いた。新年度から、技術委員会の組織を新しくしてさらに発展させたい。

#### ◇免震部材性能評価WG (主査 岩部直征)

- 1) メンバー 岩部、池永、鶴野、松田、荻野、河合、鈴木、高山、辻田、西川、野中、藤波、松本、嶺脇、柳沢、山口、山田、三山
- 2) 免震建物のデータベースに関して、建築センター発行のビルディングレターより、免315番までの全情報をエクセルベースで作成した。
- 3) 免震部材の性能試験の結果を各メーカーより1物件分提出してもらい議論した。水平剛性については設計値に対して各社共概ね±5～10%に納まっている傾向にあるが、鉛直剛性はバラツキが大きい傾向にある。さらに、多くの物件につき調べる予定である。
- 4) 免震部材の引張せん断性能確認の実験を高山委員の案に基づいてメーカー5社(オイレス、ブリヂストン、昭和電線、横浜ゴム、東洋ゴム)が計画を作り、4月から9月にかけて実施の予定である。3月初め、倉敷化工が参加表明をしている。

#### ◇別置き試験体整備WG (主査 早川邦夫)

- 1) メンバー 早川、飯塚、池永、杉江、仲林、中村、西川、早部、宮崎、芳沢
- 2) 別置き試験体について現状の設置状況をまとめた。引き続き、試験結果(経年変化)のアンケートを行う予定である。また、最近メーカー独自でも別置き試験体が設置されており、経年変化の情報収集が可能である。今後、積層ゴムの経年変化を推定する促進試験結果を収集し、別置き試験体の試験結果との対応を調査していく予定である。

#### ◇技術基準マニュアル作成WG (主査 公塚正行)

- 1) メンバー 公塚、鮎川、五十嵐、大泉、荻野、小崎、加藤、杉山、石井、中山、人見、藤森、宮永、村井
- 2) 「技術基準マニュアル(案)」は、当協会の法人化の動きに対応し、12月下旬に建設省に提出した。現在、技術委員会各委員の意見を頂いているところである。今後は、成案を作成するとともに、(財)日本建築センターでの一般評定取得および性能規定型設計法に対応する活動を行う予定である。

#### ◇講習会作業WG (主査 中山光男)

- 1) メンバー 中山、可児、菊地、杉山、下坂、柳沢、渡辺、和田
- 2) 97年度第3回「免震構造設計の実際」の講習会を3月

12日(木)に協会大会議室にて開催した。今回の実施例紹介は、マンションとしては初めて中間階に免震層を設けた「深野ビル」を取り上げた。第2回専科講習会は、「ダンパーの現状と将来」と題し4月23日(木)に開催する。

また「積層ゴム専科講習会」での質疑応答集は今回の会誌に掲載している。なお「免震構造用語集」については、会誌夏号(No.21号)から掲載する予定である。7月には非会員(一般の設計者)向けに、「わかりやすい免震構造」の講習会を行う予定である。

#### ◇ソフト整備WG (主査 原田直哉)

- 1) メンバー 原田、可児、千馬、中村、中澤
- 2) 免震建物の簡易地震応答解析チェックソフトは、Windows/EXCELベースで完成し、実用段階に入った。本ソフトは、将来、協会の免震構造審査物件の検証ツールとして利用、また、特定行政庁への配布も考えている。現在、技術委員会メンバー各社に配布、既存物件に適用し、その使用性、妥当性の検証の実施をお願いしている。今後の作業としては、モニター調査結果を反映した改良と免震部材、ダンパーのデータベースの拡充を予定している。

現在の技術委員会の体制は2年前から始まっていますが、今年の秋から、新しい取り組みを始めたいと思います。主査・委員の皆様からの御意見・御提案を以下に纏めます。

○技術委員会の中に設計小委員会、免震部材小委員会、施工小委員会、教育普及小委員会を恒常的に設け、各小委員会のもとでWGを構成して活動する。

○設計小委員会関係

- 設計の理念が重要(設計の考えをはっきり持つことが必要)
- 決断に際して筋の通った理由が必要
- 免震構造の基礎の設計法をまとめる
- 免震構造による設計の可能性
- 免震構造のコスト
- 一般の設計者向けの免震構造の計算例
- 設計図書に含める特記仕様書
- 計算ソフトの整備

○免震部材小委員会関係

- 引張力を受ける積層ゴムの実験、圧縮破壊実験等のように、個々の設計者では、望んでいても、実行できない実験を進めたい。
- 実際の大きさの積層ゴムの実験結果が欲しい。
- 配管、エキスパンション・ジョイント等についても、最終限界を見極めるような実験を行いたい。
- 構造設計者が仕様を書けるようにしたい。
- 免震部材の性能評価システムを作りたい。

- ゴム協会においても積層ゴムの耐久性、性能評価に関する委員会活動が行われている。共同して進めたい。

### ○施工小委員会関係

- 積層ゴムの設置法  
特に、取り付け板
- 必要な施工精度  
過剰でも、不足でもない、適切な精度。
- 免震構造の施工法、施工に当たっての注意点
- 免震構造の利点を生かしたプレキャスト構造、鉄骨造の開発
- 維持管理の意義、目的を建物の所有者に理解させることが必要

### ○教育普及小委員会関係

免震構造の設計の考え方の基本を明確に示す

受講者が免震構造の設計の基本理念をはっきり持てるようにすることが重要

- 免震構造の基礎・原理
- 免震構造の実例(建築計画と構造計画に重点を置く)
- 免震構造のコストと施工の実際など
- 免震構造の適用(免震レトロフィット)
- 免震構造の素晴らしさを一般向けに紹介するパンフレットを作る

教育普及(小)は会員と非会員も対象とし、維持管理のための点検に対する資格者の実務講習も範囲とする

### 維持管理委員会 ————— 委員長 三浦義勝

- 「維持管理標準WG」と「維持管理事業WG」は、一通り目的を達成したので解散し、維持管理委員会に統合しました。今後は、維持管理事業への対応が主業務になります。また、これに伴い委員会組織を見直しました。委員は、2名ほど交代をしますが、他の方は、これまでと同じ顔ぶれで継続します。

委員長は三浦委員継続、新しく副委員長として木村、原田委員が選出されました。

- 維持管理事業の運営組織で中心的な役割を果たすことになる「担当者」として、3名の委員(跡部、勝田、芳沢委員)が選出されました。4月から半年の間、交代で、維持管理事業の窓口、契約、実施等の事実上のコントロールを担当します。
- 「維持管理標準WG」が昨年度に実施した「アンケートによる維持管理の実状調査」の結果を本号に掲載しました。会員各社のご協力ありがとうございました。

### 規格化・標準化委員会 ————— 委員長 寺本隆幸

本委員会では現在、標準建築詳細WGが「免震建築の設計とディテール」のハードカバー化に向けて活動中です。ディテール別冊の編集時には、数多くの詳細図

を掲載して早期に発刊することに主眼を置いて作業を進めたため、同じ部位に関する事例が数多くあるといったこともやむなしとしました。今回は、中間層免震や免震層を居室に利用した場合などの可動部ディテールを追加しながら、種々のパターンの免震建物に想定される可動部をできる限り網羅し、それぞれに求められる性能を整理できればと考えています。特殊な事例をお持ちの方は、WGまでお寄せ頂ければ幸いです。また、ディテール別冊中の「免震設計のための商品技術資料」は、意匠・設備設計者に有効に利用して頂いているようです。会員メーカーで今回技術情報を掲載希望される方はお申し出下さい。掲載は無料です。

### 基盤整備特別委員会 ————— 委員長 鈴木哲夫

法人化後の新たなベクトルづくりを検討すべく、本委員会の中で「理念と組織WG」と「事業計画WG」を設置した。前者は収支計画および事業部会の設置や社会との連動を考慮した組織・運営方法全般を検討・立案する。後者は公益性とともに会員のメリットを考慮した事業計画の立案と、各種委員会の見直しを行う。これら作業の一環として、3月末に各委員会委員長およびWG主査を対象に、「委員会の現状把握と将来展望」に関するアンケート調査を実施した。このアンケート集計結果を基に、5月中旬、正・副会長および各委員長に出席いただき今後の委員会活動の方向を検討する予定にしている。

上記の検討・立案項目のうち急を要するものについては平成10年度の総会に間に合わせるべく、現在鋭意努力している。

### 広報委員会 ————— 須賀川 勝

4月20日(月)の広報委員会では会誌20号内容確認、21号の企画について検討、意見交換をしました。できるだけ広い範囲の情報の中から会員に役立つ記事を提供していくために会員からの積極的な投稿をお願いする等についていくつかの方法が提案されました。また今年度も単行本を企画しております。会誌に掲載してきた訪問記、紹介記事を集約して一冊に纏めて「免震建築事例集」といった形にしていくべく検討中です。

### 事業企画委員会 ————— 委員長 可児長英

技術委員会との共催の本年度最後の「免震構造設計の実際」の技術講習会が3月12日に終了しました。専科の講習会「ダンパー」は4月23日に開かれますが、現在既に満席の状態です、いつも専科は好評のようです。また、夏から秋にかけて「免震建築の設計とディテール」の建築家対象の講習会および会員・非会員の免震構造設計の実務をこれから始めようとする構造設計者

## 委員会の動き

を対象にした講習会を予定しています。後半の講習会は最初7月開催で企画しましたものです。本会后援の見学会が2月24日に真柄建設辰口技術研究所で行われました。本建物はFPSによる免震構造です。200名に及ぶ見学者が訪れました。今春の見学会はオイレス工業足利工場で5月15日に予定されていますが、既に満員となっております。現在、9月1日開催予定の第5回免震フォーラムを企画中です。テーマは「地域安全性と免震建築」－設計の実際と可能性を探る－で建築家を対象にしたものです。

### ■委員会等活動状況

(1998.1.29～1998.4.23)

月 日	委員会名	場所	出席者
1.29	年頭懇談会	H.グランドパレス	61社
2.3	運営委員会	事務局	16名
2.4	維持管理委員会第12回	同	10名
2.12	事業企画委員会第32回	同	9名
2.13	会務会議	同	10名
2.16	基盤整備特別委員会第27回	同	9名
2.19	維持管理委員会「維持管理標準WG」第15回	同	7名
2.19	平成9年度第2回理事会	H.グランドパレス	36名
2.24	技術委員会「別置き試験体整備WG」第11回	事務局	7名
2.24	規格化・標準化委員会「標準建築詳細WG」第13回	同	8名
2.26	技術委員会「免震部材性能評価WG」第12回	同	12名
2.27	技術委員会「講習会作業WG」第17回	同	6名
3.2	事業企画委員会「フォーラムWG」第1回	同	10名
3.11	技術委員会「講習会作業WG」第18回	同	5名
3.12	「免震構造設計の実際講習会」97年度第3回	同	21名
3.12	技術委員会委員長主査合同会議	H.グランドパレス	7名
3.16	基盤整備特別委員会第28回	事務局	10名
3.17	技術委員会第14回	同	26名
3.19	維持管理委員会第13回	同	16名
3.20	会務会議	同	11名
3.25	「ダンパー」講習会事前打ち合わせ	同	5名
3.26	事業企画委員会第33回	同	9名
4.7	規格化・標準化委員会「標準建築詳細WG」第14回	同	11名
4.7	広報委員会「広報WG」	同	4名
4.10	技術委員会委員長主査合同会議	同	6名
4.13	事業企画委員会「フォーラムWG」第2回	同	10名
4.16	基盤整備特別委員会第29回	同	10名
4.17	会務会議	同	11名
4.20	広報委員会「広報WG」	同	5名
4.20	広報委員会	同	10名
4.22	技術委員会「講習会作業WG」第19回	同	4名
4.23	「ダンパー」専科講習会	同	35名



## 新入会員

	社名	代表者	所属・役職
準会員(法人)新規入会	株式会社テネックス	三原 喜政	代表取締役
	ニチアス株式会社	音馬 峻	代表取締役社長
	株式会社森組	森 幸彦	取締役社長

氏名	所属
会誌会員(個人)新規入会	
羽根 義裕	羽根一級建築士事務所
森田 博	株式会社横河建築設計事務所

日本免震構造協会会員数 (98年4月30日現在)	第1種正会員(法人)	128社
	第2種正会員(学会員)	57名
	準会員(法人)	39社
	会誌会員(個人)	187名
	特別会員	5団体

退会会員	第1種正会員	呉羽製鋼株式会社
	会誌会員	町田重美
	会誌会員	山下興亜

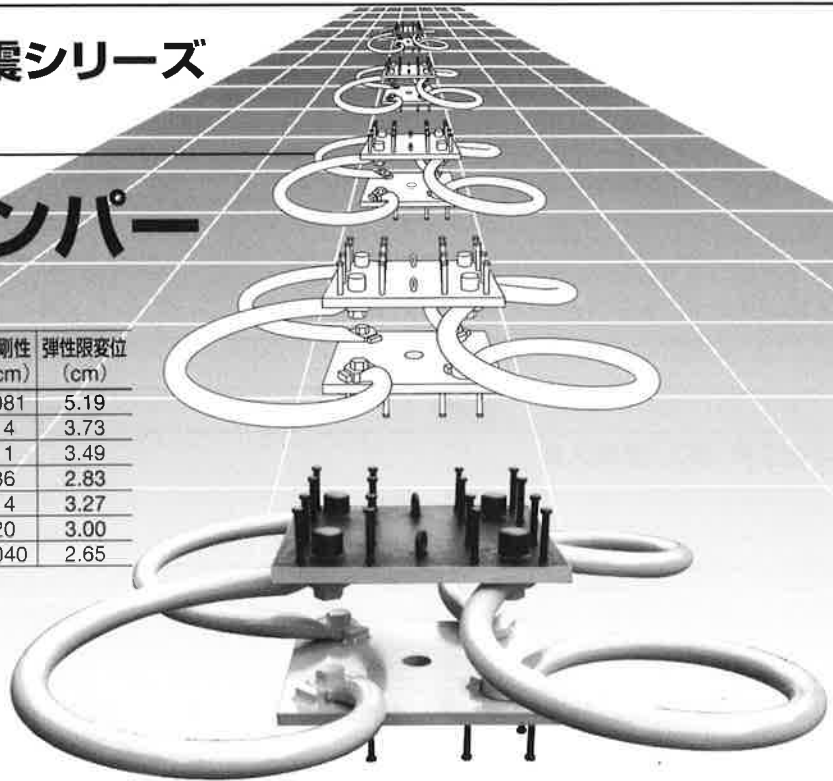
# 新日鉄の耐震・免震シリーズ

地震力を吸収する

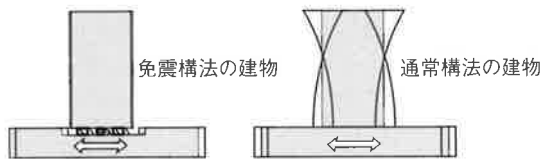
## 免震鋼棒ダンパー

### 免震鋼棒ダンパー標準仕様

タイプ	方向	降伏せん断力 (tf)	初期剛性 (tf/cm)	2次剛性 (tf/cm)	弾性限変位 (cm)
90φR450	B	25.0	4.82	0.081	5.19
	A	31.0	8.3	0.14	3.73
90φR380	B	29.0	8.3	0.11	3.49
	A	36.0	12.7	0.36	2.83
90φR325	B	36.0	11.0	0.14	3.27
	A, B	21.0	7.0	0.20	3.00
70φR285	A, B	5.3	2.0	0.040	2.65
50φR275	A, B				



免震構造の概念図



- 大きなエネルギー吸収能力と高い変形性能が特長です。
- 耐久性および信頼性に優れています。
- 地震後の点検も確実にに行えます。
- 解析のモデル化が簡明で、設計も容易です。
- 軟弱地盤上の免震構造には特に効果的です。
- 免震鋼棒ダンパーは各種免震建築物（公共施設、病院、住宅、コンピュータービルなど）に豊富な実績を持っています。

免震建築の保守管理に

## 別置き積層ゴムアイソレータ締め付け装置

- ◆ 大荷重による締め付けが行えます。
- ◆ 荷重制御座金（BTワッシャー）により、締め付け力を年間を通じてほぼ一定に保つことができます。
- ◆ 随時締め付け力を読み取ることができます。
- ◆ 油圧装置などを用いていないため、メンテナンスが簡単です。

### 種類

標準型として1台タイプと2台タイプを用意しております。  
また、特殊な形状の御注文も承ります。

アイソレータ径	500φ	600φ	700φ	800φ
荷重 (tf)	常時	≤200	≤300	≤400
	限界	300	450	600



**新日本製鐵株式會社**

東京都千代田区大手町2-6-3 〒100-8071

エンジニアリング事業本部 建築事業部 建築開発部

☎ 03(3275)5728 フリーダイヤル ☎ 0120-42-1210 Fax. 03(3275)5963

# 昭和電線の高面圧、低弾性アイソレータは 4秒免震を実現します!

①

## 载荷性能を追求した理想の形状

- 形状係数S1=31
- 形状係数S2=5 (ゴム硬さ40)



- ◆最高の载荷性能
- ◆長期許容面圧150kg/cm<sup>2</sup>以上

②

## 端面は鋼板露出型

- 鋼板露出型でゴムはR状



- ◆中心穴径は外径の1/20
- ◆大変形、大荷重でも剛性変動が少ない
- ◆均一なゴム層厚さ
- ◆均質なゴムアイソレータ

③

## 特性重視のゴム配合

- 可塑性を加えない
- 天然ゴムリッチ(75%)な配合



- ◆高い線形性
- ◆優れたクリープ、耐久性
- ◆大きな変形能力(300%以上)
- ◆低弾性ゴムG3.0まで可能

④

## 実大製品による豊富なデータ蓄積

- 試験は全て実大製品で実施
- 初期特性から耐久性までのデータが充実



- ◆データの信頼性

⑤

## 設計の自由度

- 履歴のモデル化が明快
- 水平剛性の各種依存性がない
- 剛性、減衰が任意で最適な免震設計が可能



- ◆設計の自由度

⑥

## 品質、維持管理がし易い

- 目視による管理ができる
- ジャッキアップの交換不要



- ◆メンテナンスが容易

**SWCC** 昭和電線電纜株式会社

営業推進部免震システムグループ

〒105-8444 東京都港区虎ノ門1-1-18(東京虎ノ門ビル)

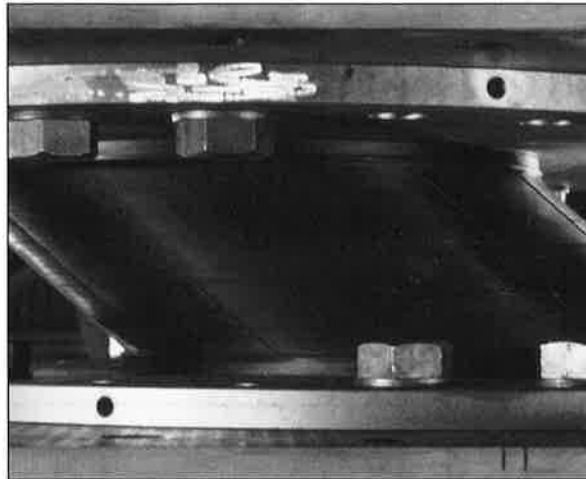
☎ (03)3597-7102

FAX(03)3597-7194

免震ならブリヂストン。実績も豊富です。

建物全体の免震に…… **マルチラバーベアリング**

マルチラバーベアリングは、ゴムと鋼板でできたシンプルな構造。上下方向に硬く、水平方向に柔かい性能を持ち、地震時の揺れをソフトに吸収し、大切な人命を守るとともにコンピュータ等重要な機器も守ります。



〈特長〉

- 建物を安全に支える構造部材として十分な長期耐久性
- 大重量の荷重にも耐える荷重性
- 大地震の大きな揺れにも安心な大変位吸収能力
- ゴム材料自身に減衰性を持つため、ダンパー等の必要なく設計対応が可能

ブリヂストンの免震ゴムは、

- 高い安全性を必要とする建物
- 地震時に機能を失ってはならない建物
- 財産として守りたい建物

様々な建物に使用されております。



病院



マンション



オフィスビル/ブリヂストン虎ノ門ビル

お問い合わせは…

**株式会社ブリヂストン**

建築用品販売部 建築免震事業推進室 東京都中央区日本橋3-5-15 同和ビル8F 〒103-0027 TEL (03) 5202-6865 FAX (03) 5202-6848

グラツときたら!

# 免震

Lead Rubber Bearing



免震装置設置状況  
LRB (φ1200)

## LRBを標準化しました。

- 設計業務を削減したい。
- コストダウンを図りたい。
- 設計・製作時間を短縮したい。
- 安心できる製品をつくりたい。



このような設計者の要望に応えるため、**基礎免震装置LRBの標準化を実現しました。**

### LRB標準品

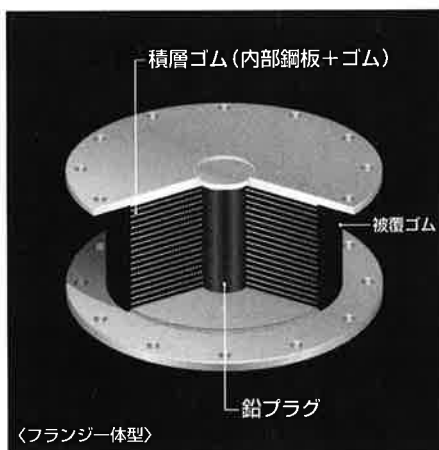
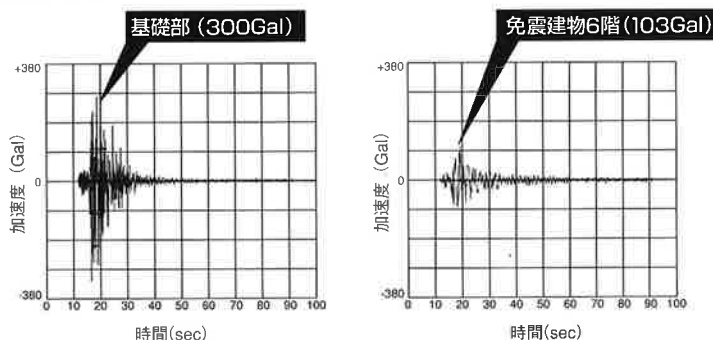
- フランジ一体タイプ……G4・G6 φ 600～φ 1100mm
- ボルト固定タイプ……G4・G6 φ 1200～φ 1300mm

### RB標準品

- フランジ一体タイプ……G4・G6 φ 600～φ 1000mm

LRB、RB標準品について、詳しくはお問い合わせください。

### ■阪神大震災で実証された、LRBの優れた免震特性



### ■LRBの構造

ゴムと鋼板を交互に積み重ね、加硫接着した積層ゴム体の中心に鉛プラグを埋め込み、一体化した免震装置です。

### オイルス免震・制振装置

#### ■基礎免震装置

- LRB
- LRB-SP
- LRB-R
- FPS

#### ■機器免震装置

- 2次元免震床システム
- 3次元免震床システム
- ERS

#### ■制振装置

- 制震壁
- TMD
- AMD

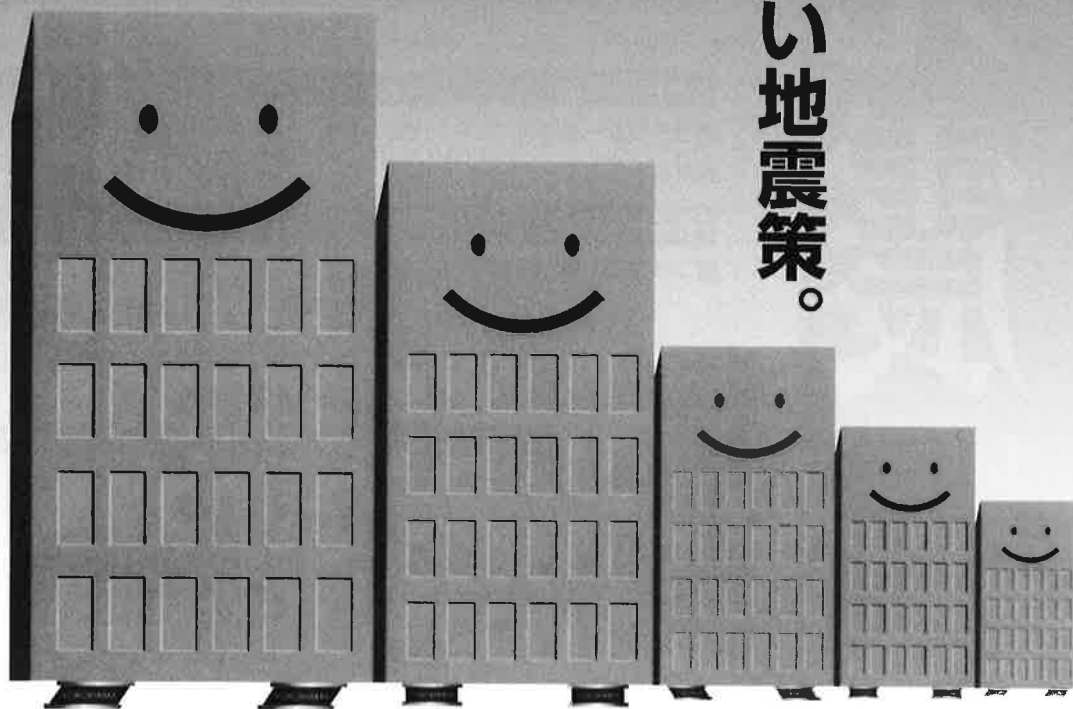
#### ■耐震装置

- LED
- MSストッパー
- パイブロック
- 粘性ダンパー

**OILES** オイルス工業株式会社

〒105-8584 東京都港区芝大門1-3-2 芝細田ビル ☎(03)3578-7933(代)

揺るぎない地震策。



YOKOHAMA SEISMIC ISOLATOR FOR BUILDINGS

## BUIL-DAMPER

ビル用免震積層ゴム ビルダンパー

わが国最悪の都市型災害をもたらした「阪神大震災」。阪神・神戸地区の建築物および建造物を直撃し、ビルの倒壊、鉄道・高速道路の崩落、橋梁・港湾施設の損壊など、未曾有の大被害を与えました。ところが、そんな中でほとんど被害を受けなかった建物がありました。それが、免震ゴムを採用したビルだったのです。

ビル免震とは、地震の水平動が建物に直接作用しないよう、建物にクッション（免震ゴム）を設けたものです。従来の耐震ビルが「剛性」を高めて地震に耐えるのに対し、地震エネルギーを吸収することによって、建物に伝わる地震力を減少させます。激しい地震でも、建物および内部の設備・什器の損傷を防ぐことができるため、阪神大震災を機に需要は急増し、震災前10年間の採用件数が震災後の2年間で3倍以上に拡大しているほどです。

横浜ゴムは、独自のゴム・高分子技術をベースに、早くから免震ゴムの開発に取り組んできました。高い機能性と

信頼性を誇る橋梁用ゴム支承では、業界トップレベルの評価を得ており、阪神大震災の高速道路復旧をはじめ、日本最長の免震橋である大仁高架橋や首都高速道路など数多くの納入実績をあげています。

ビル免震では、新開発のビル用免震積層ゴム「ビルダンパー」が大きな注目を集めています。特殊な配合で、ゴム自体に減衰性を持たせた新しいゴム素材を開発、採用。これにより、従来の免震積層ゴムに比べ、約30%アップもの減衰性能を実現しています。水平方向の動きが少なく、短時間で横揺れを鎮めることができ、阪神大震災を超える大地震（せん断歪200%以上）でも十分な減衰性能を発揮できます。また、減衰装置が不要なために設計・施工が容易など、コスト面でも大きなメリットを持っています。より確かな地震対策をするために、より大きな安全を確保するために。横浜ゴムがお届けする、揺るぎない自信作です。

横浜ゴム株式会社



MB販売本部建築資材販売部：〒105-0004 東京都港区新橋6-1-11(秀和御成門ビル7F)

TEL 03-5400-4823(ダイヤルイン) FAX 03-5400-4830

MB開発本部開発1部：〒254-0047 神奈川県平塚市追分2-1

TEL 0463-35-9703(ダイヤルイン) FAX 0463-35-9765

(カタログ請求番号 1122)

# 入会のご案内

入会ご希望の方は、次頁の申し込み書に所定事項をご記入の上、下記宛にご連絡下さい。

	入 会 金	年 会 費
第1種正会員(法人)	300,000円	(1口)300,000円
第2種正会員(学会会員)	5,000円	5,000円
準 会 員(法人)	100,000円	100,000円
会 誌 会 員(個人)	10,000円	10,000円
特 別 会 員(団体・協会)	別 途	
名 誉 会 員(個人)	—	—

定款により、会員種別は下記の通りとなります。

- (1) 第1種正会員  
免震構造に関する事業を行うもので、本協会の目的に賛同して入会した法人
- (2) 第2種正会員  
免震構造に関する学識経験を有するもので、本協会の目的に賛同して入会した個人で、理事の推薦を受け、理事会で承認されたもの
- (3) 準会員  
免震構造に関心が深く、本協会の目的に賛同して入会した法人
- (4) 会誌会員  
本協会の会誌購読希望者
- (5) 特別会員  
免震構造に関連する学会及び団体で、本協会の目的に賛同して入会したもの
- (6) 名誉会員  
免震構造に関し特に功績のあったもの又は本協会に特に功労があったもので、総会において推薦されたもの

ご不明な点は、事務局までお問い合わせ下さい。

## 日本免震構造協会事務局

〒102-0073 東京都千代田区九段北1-3-5

九段ISビル4階

事務局長 上岡政夫

Tel : 03-3239-6530

Fax : 03-3239-6580

# 日本免震構造協会入会申込書

申込書は、郵便にてお送り下さい。

申 込 日	199 年 月 日	*入会承認日	月 日
*会員コード			
会員種別 ○をお付けください	第1種正会員	準会員	特別会員
ふりがな 法人名(口数)	( 口)		
代表者	ふりがな 氏 名	印	
	所属・役職		
	住 所 (勤務先)	〒	
		☎ ( )	—
	F A X ( )	—	
担当者	ふりがな 氏 名	印	
	所属・役職		
	住 所 (勤務先)	〒	
		☎ ( )	—
	F A X ( )	—	
	e-mail		
業 種 ○をお付けください	A:建設業	B:設計事務所	C:メーカー ( )
	D:コンサルタント	E:学校	F:その他 ( )
資本金・従業員数	万円		人
設立年月日(西暦)	年	月	日
所属する団体名			

\*本協会にて記入いたします。

## ◇記入要領◇

1. 法人口数記入は、第1種正会員のみ。
2. 法人代表者は、免震協会活動上の代表者になる方で会社の代表者又は部門長など。
3. 法人担当者は、免震協会からの全ての情報・資料着信の窓口になります。  
例えば……総会の案内・見学会の案内・会誌「MENS H I N」・会費請求書など。
4. 業種(C:メーカー)欄には、分野を記入。  
例えば……機械・電気・免震部材・構造ソフトなど。
5. 業種A～Eにあてはまらない場合は、F:その他に業種を記入。
6. 属する団体名は、主な団体名を記入。(多くて3つまで)



# 日本免震構造協会入会申込書

会誌会員(個人) ↓

申込書は、郵便にてお送り下さい。

申 込 日	199 年 月 日	*入会承認日	月 日
*会員コード			
ふりがな 氏 名	印		
住 所 (会誌送付先)	〒		
	上記住所 ○をお付けください	勤務先	自宅
	☎ ( )	—	
	F A X ( )	—	
e-mail			
勤務先・所属			
業 種 ○をお付けください	A: 建設業	B: 設計事務所	C: メーカー ( )
	D: コンサルタント	E: 学校	F: その他 ( )

\*本協会にて記入いたします。

◇記入要領◇

- 業種(C:メーカー)欄には、分野を記入。  
例えば……機械・電気・免震部材・構造ソフトなど。
- 住所は、会誌送付先の住所を記入。

送付先 日本免震構造協会 事務局  
〒102-0073  
東京都千代田区九段北1-3-5  
九段 I Sビル 4階  
☎ 03-3239-6530

●会誌20号に関するご意見・ご質問等をご記入ください。

日本免震構造協会 広報委員会 御中

FAX 03-3239-6580

ご意見・ご質問等

送付日 199 年 月 日

会員種別 第1種正会員(法人) 第2種正会員(学会会員)

○をおつけください

準会員(法人) 会誌会員(個人)

特別会員(団体・協会)

ふりがな

氏名: \_\_\_\_\_

勤務先: \_\_\_\_\_

所属: \_\_\_\_\_

勤務先住所: 〒 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

T E L: \_\_\_\_\_ ( ) \_\_\_\_\_

F A X: \_\_\_\_\_ ( ) \_\_\_\_\_

e - m a i l: \_\_\_\_\_

●会誌の送付先に変更がありましたら、下記のカードにご記入ください。

**日本免震構造協会 事務局 御中**

FAX 03-3239-6580

変更項目に○をおつけください

1. 担当者	2. 勤務先	3. 所属	4. 勤務先住所
5. 電話番号	6. FAX番号	7. その他	

送付日	199	年	月	日
会員種別 ○をおつけください	第1種正会員(法人)	第2種正会員(学会会員)		
	準会員	会誌会員	特別会員	
ふりがな 氏名:	_____			
勤務先:	_____			

※変更項目のみご記入ください

**変 更 後**

ふりがな 氏名:	_____			
勤務先:	_____			
	_____			
所属:	_____			
	_____			
勤務先住所: 〒	_____			
	_____			
T E L:	(		)	_____
F A X:	(		)	_____
e - m a i l:	_____			
その他:	_____			

◇第5回免震フォーラム開催のお知らせ◇

日 時 1998年9月1日(火) 13:00～17:30  
場 所 工学院大学新宿校舎3階0312大教室  
テーマ 「地域安全性と免震建築」－設計の実際と可能性を探る－  
定 員 250名  
参加費 未 定

参加希望の方は、下記の申し込み用紙にご記入の上、事務局までFAXにてお申し込み下さい。詳細は事務局へお問合せ下さい。

お問合せ先：日本免震構造協会事務局  
TEL：03-3239-6530  
FAX：03-3239-6580

※切り取らずに、本状をこのままご返送ください

FAX No.03-3239-6580

第5回免震フォーラム参加申込書

会 員 種 別：                    第1種正会員                    第2種正会員                    準会員                    会誌会員  
(○をお付け下さい)

氏 名： \_\_\_\_\_ (ふりがな： \_\_\_\_\_ )

勤 務 先： \_\_\_\_\_

所 属： \_\_\_\_\_

勤務先住所：〒 \_\_\_\_\_

T E L：                    -                    -  
\_\_\_\_\_

F A X：                    -                    -  
\_\_\_\_\_

◇第5回通常総会開催のお知らせ◇

日時 1998年6月11日(木) 16:30~17:40  
場所 ホテルグランドパレス  
東京都千代田区飯田橋1-1-1

◇「免震構造設計の実際」98年度第1回講習会のお知らせ◇

日時 1998年7月23日(木) 9:30~16:30  
会場 日本免震構造協会 大会議室  
東京都千代田区九段北1-3-5九段ISビル4階  
定員 24名  
参加費 15,000円(テキスト代「免震構造入門」「免震とレトロフィット」・食事代込み)  
内容

- 第1章「免震構造一般」
  - 1.免震構造の歴史
  - 2.免震構造の原理
  - 3.免震部材
- 第2章「免震構造設計の実際」
  - 1.建築計画と構造計画
  - 2.実施例紹介
- 第3章「免震構造技術基準・今後の展開」
  - 質疑応答

お申し込み・問合せ先

お申し込みは、下記の参加申込書に必要事項をご記入の上、協会事務局宛にFAXにてお送り下さい。  
講習会の開催1週間前までに、参加券をお送りさせていただきます。

FAX:03-3239-6580

「免震構造の実際」講習会参加申込書

氏名： \_\_\_\_\_ (ふりがな： \_\_\_\_\_)

勤務先： \_\_\_\_\_

所属： \_\_\_\_\_

勤務先住所：〒 \_\_\_\_\_

T E L： \_\_\_\_\_

F A X： \_\_\_\_\_

◇「イタリア免震建物視察と国際会議」のご案内◇

SMART STRUCTURES '98の国際会議が今年の9月21日(月)から3日間、イタリアのローマで開かれます。その機会を利用してイタリア各都市の免震建物の視察とイタリアの免震構造技術者協会(GLIS)との合同会議も企画しました。団長には、東京工業大学・和田章教授にお願いしております。参加ご希望の方は、下記の申込み用紙にご記入の上、事務局宛(03-3239-6580)へお申し込み下さい。先着30名様までとさせていただきます。定員になり次第締め切らせていただきます。

日程：1998年9月20日(日)～10月2日(金) 13日間 Aコース(SMART会議から参加)  
 1998年9月23日(水)～10月2日(金) 10日間 Bコース

予定：SMART STRUCTURES '98国際会議 ローマ 3日間

Roma→Napoli→Potenza→Assisi→Ancona→Firenze→Pisa→Milano(8都市)

主な視察建物

University of Basilicata、Mortaiolo bridge、TELECOM Italia、Navy buildings  
 Civic Center、Basilica di San Francesco 他

金額：Aコース 約38万円程度、Bコース 約28万円程度

イタリア航空エコノミー使用(ビジネスクラスご希望の方は、差額分増となります)

上記料金に含まれるもの

- 航空運賃 往復エコノミークラス
- ホテル宿泊費 全行程四ツ星クラスホテル使用、ただし1室2名
- 食事代 朝食のみ
- 添乗員費用 日本より添乗する添乗員の費用
- 視察費用 交通費、連絡通信費

お問合せ先：日本免震構造協会事務局 ☎：03-3239-6530

※切り取らずに、本状をこのままご返送ください。

FAX：03-3239-6580

イタリア免震建物視察と国際会議参加申込書

コース希望	Aコース	Bコース		
○をお付け下さい				
会員種別	第1種正会員	第2種正会員	準会員	会誌会員
○をお付け下さい				
ふりがな 氏名：	_____			
勤務先：	_____			
所属：	_____			
勤務先住所：〒	_____			
	_____			
T E L：	_____	_____	_____	
F A X：	_____	_____	_____	

福岡大学 高山峯夫助教授日本建築学会奨励賞受賞のお知らせ

高山先生が「天然ゴム系積層ゴムアイソレータの圧縮限界耐力」の業績により、今年度の奨励賞を受賞されました。論文では多くの実大サイズ積層ゴムの圧縮破壊実験と解析によって、圧縮限界状態を明らかにし、積層ゴム設計のための資料を提供されています。

詳細については別の機械に会誌で紹介して頂く予定です。

先生には会誌に投稿をお願いしたり、「積層ゴム入門」の執筆をお願いしてきました。今後の一層のご活躍を祈念し、ここにご報告させていただきます。

寄付・寄贈

1. 協会図書コーナー

- 1) 「阪神・淡路大震災から3年」  
—総合的耐震診断と改修に向けて—  
建築耐震設計者連合
- 2) structure No.65 1998.1 主集・阪神・淡路大震災  
で発生した鉄骨の破断現象は解明されたか  
(社)日本建築構造技術者協会
- 3) “基礎工1997 11 Vol.25, No.11 特集 戸建住宅  
(小規模建築)の基礎”  
総合土木研究所
- 4) ザ・ハウス 1998 Vol.6 通巻No.49 特集地震に強い  
家耐震・免震徹底研究 いま人気の輸入住宅  
麻布出版
- 5) 平成9年度 卒業研究論文免震建物の調査研究  
—免震評定シートに基づくデータベースの作成と考察  
東京理科大学 寺本研究室

6) 日経アーキテクチュア 1997.12-1 No.598  
特集 ここまで使える免震技術

可児長英

7) 建築の技術 施工 7 1991 No.309 特集免震  
構法システムの新展開 その開発と適用

可児長英

8) 建築の技術 施工 4 1998No.390  
総特集免震構造の現在-地震に克つ建築技術

可児長英

9) ビルディングレター 1996.11~1997.3 5冊

可児長英

10) 歴史的建築物のレトロフィット実例集

可児長英

2. カメラ三脚(ミニ)

可児長英

編集後記

季節はずれの雪が降ったり、暑い日があったりしましたが、どうにか春らしくなり、間もなく初夏を迎えようとしております。

早いもので会誌も20号を発行するまでになりました。創刊以来この5年間お世話になった筆者を初め協会関係者のご支援に改めて感謝しております。

試行錯誤を続けて会誌もスタイルが出来上がって

きたようですし、一定の評価も頂いているようです。

今後も広報委員会としてはより良い会誌を発行していくよう頑張りたいと思っておりますので一層のご支援をお願いします。なお今回20号を担当され、一段と多くなった原稿集めに苦勞されたのは、跡部、加藤(巨)、中川、細川の4氏のみなさんでした。

広報委員会 須賀川 勝

1998 No.20号 平成10年5月15日発行

発行所 日本免震構造協会  
編集者 広報委員会  
協力 (株)経済選広

〒102-0073  
東京都千代田区九段北1-3-5  
九段ISビル4階  
日本免震構造協会事務局  
Tel: 03-3239-6530  
Fax: 03-3239-6580  
http://www.jssi.or.jp/



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

日本免震構造協会

事務局 〒102-0073 東京都千代田区九段北1-3-5 九段ISビル4階

TEL.03-3239-6530 FAX.03-3239-6580

<http://www.jssi.or.jp/>