

# MENSHIN

No. 25 1999. 8



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

社団法人日本免震構造協会

# CONTENTS

Preface	What Can We Expect of Seismic Isolation Design? ... 3
	Mamoru KAWAGUCHI Professor of Hosei University
Highlight	Seismic Rehabilitation of the Toshima City Office Building using Base Isolation System ..... 4
	Kikuo OKAWADA Taisei Corp.
	Yumi SUZUKI
	Masatugu KASAMAKI
	Popularizing Base-isolated Single Family House: The Challenge Ahead ~Ichijo Hybrid Base-Isolation Housing System~ ... 10
	Mitsuhiro OKAMURA ICHIO HOUSING Co.,Ltd.
	Kuniaki YOSHII
	Makoto OCHIAI
	Takehiro TAKAHASHI
Report 25	SATO "Proplaza 21" ..... 15
	Masaaki SARUTA SHIMIZU Corp.
	Yoshikatsu MIURA TECHNO WAVE
	Tsugio TORII FUJITA Corp.
Special Contribution	Bi-Directional Pseudo-Dynamic Test of HDR Isolator ... 18
	Kouichi SUGIYAMA Obayashi Corp.
	Matsutaro SEKI
	International Workshop on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Control of Structures ..... 22
	Longjun LIU Tokyo-Kenchiku Structural Engineers
Series-Damper 11	Semi-Active Oil Damper for Building ..... 26
	Yasuo TSUYUKI Kayaba Corp.
Series-Devices Related to Seismic Isolation 2	Refractory Cover for Isolator ..... 32
	Ryotaro YOKOYAMA NICHIAS Corp.
	Motohiro SHIMIZU
Inspection Report	Hospital Ward of Faculty of Medicine, Kyushu University ..... 39
	Ichiro NISHIKAWA Technology
	Seismic Rehabilitation of the Toshima City Office Building ..... 41
	Masaaki SARUTA Public information
	Natural Disaster Reduction Community Center of Yamasaki Town ..... 42
	Hirokuni KATO Public information
Introduction of Corporative JSSI	Commemorative Lecture and Party ..... 45
	Tsugio TORII Public information
Technical Terms of Seismic Isolation Structure 3	Technology ..... 48
List of Seismic Isolated Buildings in Japan	Media W.G Public information ..... 66
Committees and Their Activity Reports..... 72	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Technology <input type="radio"/> Maintenance Management <input type="radio"/> Standardization</li> <li><input type="radio"/> Basis Arrangement <input type="radio"/> Planning <input type="radio"/> Standards Revaluation</li> <li><input type="radio"/> Architectural Planning <input type="radio"/> Seismic Isolated House <input type="radio"/> Internationalization</li> <li><input type="radio"/> Social Environment <input type="radio"/> Public Information</li> </ul>
Brief News of Members	..... 77
Application Guide	..... 85
Information	..... 90
Postscript	..... 90

# 目次

巻頭言	免震に何を期待するか ..... 3 法政大学工学部教授 川口 衛
免震建築紹介	東京都豊島区役所本庁舎の基礎免震レトロフィット工事 ..... 4 大成建設 岡和田喜久雄・鈴木裕美・笠巻正嗣
	戸建免震住宅「普及への挑戦」～一条ハイブリッド免震構法～ ..... 10 一条工務店 岡村光裕・吉井邦章・落合 誠・高橋武宏
免震建築訪問記-②	(株)サトー「プロプラーザ21」 ..... 15 清水建設 猿田正明 テクノウエーブ 三浦義勝 フジタ 鳥居次夫
特別寄稿	免震用積層ゴムの2方向地震入力仮動的実験 ..... 18 大林組 杉山公一・関 松太郎
	免震・制震・エネルギー吸収構造に関する国際会議に参加して ..... 22 東京建築研究所 劉 隆俊
シリーズ「ダンパー」-⑪	建築用セミアクティブオイルダンパー ..... 26 カヤバ工業 露木保男
シリーズ「免震関連部材」-②	積層ゴム用耐火被覆 ..... 32 ニチアス 横山隆太郎・清水玄宏
見学会報告	九州大学医学部附属病院（病棟・診療棟新営工事現場） ..... 39 教育普及小委員会 西川一郎
	東京都豊島区役所本庁舎耐震補強工事(免震レトロフィット工事) ..... 41 出版委員会 猿田正明
	山崎町防災コミュニティセンター ..... 42 出版委員会 加藤巨邦
設立披露	社団法人設立披露記念講演会とパーティー ..... 45 出版委員会 鳥居次夫
免震構造用語集-③	免震部材編 ..... 48 技術委員会
国内の免震建物一覧	..... 66 出版委員会 メディアWG
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 ..... 72 ○基盤整備委員会 ○企画委員会 ○基準等作成委員会 ○建築計画委員会 ○戸建住宅委員会 ○国際委員会 ○社会環境委員会 ○出版委員会
会員動向	○新入会員 ..... 77
入会のご案内	○入会申込書(会員) ○免震普及会規約 ○入会申込書(免震普及会) ..... 85 ○会員登録内容変更届
インフォメーション	○寄付・寄贈 ..... 90
編集後記	..... 90

# 免震に何を期待するか

法政大学工学部教授 川口 衛



今年の4月、日本免震構造協会は、それまでの任意団体から、社団法人としての社会的資格をもつ団体として、新しい出発をすることになった。これは非常に喜ばしいことであり、設立以来、多くの実績を積み重ねてこられた先達の方々のご苦勞に、心からの敬意を表するものである。これを機に、私が日頃考えている免震の効果と期待について、述べてみたいと思う。

一般に、免震構造は、構造物の一部にいわゆる免震層を設けることによって、対象部分の固有周期を長くし、地震時の振動応答を減少させる手法であると考えられ、そのような計算の上に立って、設計が行なわれている。たしかに、このことは免震構造の主要な目的のひとつである。しかし、私たちが免震構造に期待するのは、それだけであろうか？

阪神・淡路大震災における多くの震害例は、地震の破壊力についての私たちの認識が、いかに不十分なものであるかを、甚大な生命・財産の犠牲を代償に、私たちに教えてくれた。それらの震害例は、多くの耐震構造学者たちが、日本では決して起こらないと豪語していた崩壊パターンの数々を、私たちの前に、容赦なく提示してみせた。特に、鉄骨やコンクリート構造部材に見られた、さまざまな破壊パターンは、振動とか、共振とかいう概念だけで説明し尽くせるようなものではなく、衝撃を含む構造物への地震の入力のメカニズムが、私たちの理解のレベルをはるかに超えるものであり得ることを、強烈に示唆する結果となった。

人間にとって、自然をよりよく理解するための努力が常に必要であることは、言を待たないが、安全を使命とする構造設計の立場から言えば、現時点において私たちの理解を超える現象からは、可能な限り「逃げる」ことを考えるのが、本道であろう。理解も出来ない現象に、あえて立ち向かおうとするのは、蟻螂の斧に等しい。したがって、それが衝撃であれ、振動であれ、構造物に対する急激なエネルギーの供給から逃げることによって、構造物の安全をはかろうとするのは、私たちの現時点での技術レベルから言って、正しい方向であるというべきであろう。私たちが免震構造に大きく期待しているのは、動きが振動であるか否か

を問わず、この手法がもっている、急激な地動に対するアイソレーションの機能である。

免震手法におけるアイソレーションは、今のところ、水平方向に限定されている。しかし、複雑な地震動を鉛直と水平の2成分に分離して、水平方向の動きを減殺できるということは、考えてみると、すばらしいことである。

私は高校1年生の時に福井地震を経験した。福井地震は阪神・淡路地震に匹敵する直下型地震で、私の家も母家は全壊し、離れは数十cm基礎から跳ばされて、半壊した。この地震で、私は、いろいろな体験をしたが、そのひとつは、私が現在、地震動の搬送作用と呼んでいる現象である。地震の一兩日後に、私は自分の学校に行ってみたのだが、幸い倒壊を免れた教室に入って驚いたのは、まるで掃除の途中ででもあるかのように、クラス全員の机と椅子が、一つ残らず、整然と黒板の方向に寄ってしまっていたことである。それは、他の教室もすべてそうであった。この現象は地震の上下動と水平動、それに家具と床の間の変動する摩擦力が、同時に家具に作用することによって生じるもので、上下動と水平動の影響をばらばらに考えて、その結果を重ねあわせても、説明することが出来ない、一種の非線形現象である。この、地震動の搬送作用は、私の家の離れ屋を基礎から跳ね飛ばす際にも働いた筈であるし、阪神・淡路震災における、シェル屋根の脱落の主要な原因でもあったように思われる。このような、重ねあわせの効かない現象を理解し、そのような複雑な地震動に対して安全、的確な設計をするのは、容易ではない。したがって、免震手法によって、水平動の大部分をアイソレートし、上下動に対する配慮に専念できるということは、確信を持った設計が可能になるという点で、すばらしいことである。

上に述べた二つの事柄は、免震設計の実務のプロセスに陽（explicit）には顯れてこないが、私たちが免震構造に期待することの出来る、重要で、確かな効果であると考えられる。今後、多くの人々の真剣な努力によって、この手法が更に大きな発展を遂げることを心から願っている。

# 東京都豊島区役所本庁舎の基礎免震レトロフィット工事

大成建設 岡和田 喜久雄



同 鈴木 裕美



同 笠巻 正嗣



## 1. はじめに

東京都豊島区役所本庁舎は昭和36年に竣工した、豊島区の庁舎機能の中心的建物である。現在は平成12年6月末の竣工を目指して庁舎機能を維持したまま基礎免震レトロフィット工事を行っている。本報告はその改修概要を紹介する。

テリア、及び、地震動時の設備の追従可能寸法・構造体のクリアランス寸法を表-3に示すように設定した。



図-1 改修イメージパース

## 2. 免震レトロフィット計画に至る経緯

本庁舎は耐震診断の結果、大地震時に中破以上の被害を受ける可能性があると判断され、大地震後にも庁舎機能を維持すべく改修工事が計画された。

耐震壁やブレースの新設等といった従来工法による改修は、①工事範囲が執務空間におよび、引越しを余儀なくされるため、引越費用等の経費がかさむと共に、住民サービスが低下する。②補強部材により、事務室有効面積が減少し、使い勝手が悪くなる。等の難点がある。

これらを解決するため、既存基礎下に免震層を設ける改修を計画した。その結果、工事範囲を外周部と地下階に限定できるため、①住民サービスに大きな影響を与える事無く、「居ながら施工」が行え、②執務空間を阻害しない改修が可能になった。

## 3. 改修計画の概要と改修目標

改修イメージパースを図-1に、免震ピット部の施工に伴う工事範囲と竣工後の免震ピットの断面図を図-2に示す。また、建物概要を表-1に示す。

「居ながら施工」を実現するために、工事範囲は建物外周部と地下階に限定した。免震ピットの施工手順は、最下階の土間床解体、掘削、ピット躯体の施工、免震装置の設置、最下階の構造床への復旧である。ただし、地上階は通常の執務を続けるため、地下階の機械室部分の機能停止はできず、その部分は土間床を下部から鉄骨梁で補強しながら免震ピットを施工した。

地震動レベルに対応した改修目標と、その目標を達成するための上部構造・下部構造・免震装置のクライ

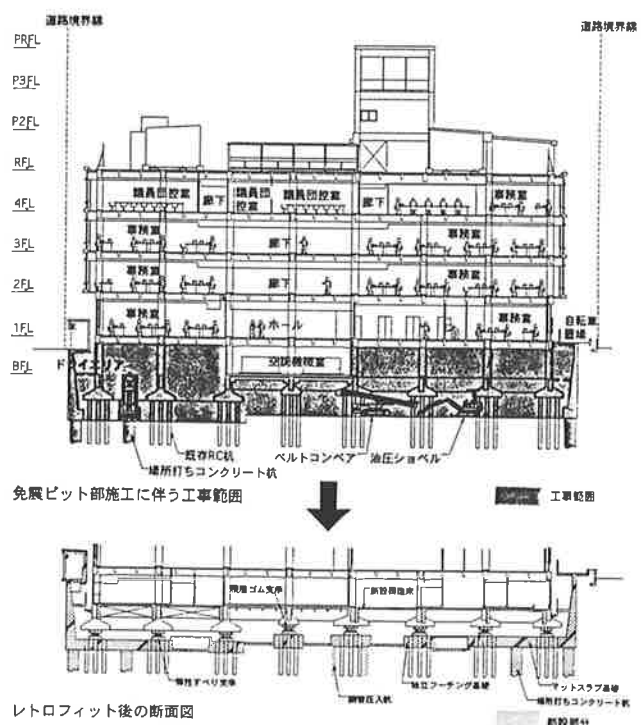


図-2 改修計画に伴う工事範囲と竣工後の免震ピットの断面図

上部構造は、免震効果を発揮させることで、地下1階構造床補強と既存基礎梁補強以外は構造的に手を加えることなくクライテリアを満足できた。

下部（基礎）構造として、免震ピットの建物外周部は擁壁土圧反力を受けるためマットスラブ基礎とし、建物中央部はピット空間を大きくとるため独立基礎として新設した。また、既存基礎構造は全本数772本のφ300mmのRC杭（杭先端：GL-14m以深のN値50以上の砂礫層）を有する独立基礎であり、杭の水平抵抗に対する十分な配慮がなされていなかった。そのため、基礎構造の耐震性能の向上と、免震ピット新設による荷重増に対応するため、外周の擁壁とマットスラブ基礎下には場所打ちコンクリート杭（φ1100mm×42本、φ1300mm×20本）、独立基礎には部分的に鋼管圧入杭（φ355.6mm×52本）を新設した。免震ピット基礎伏図と杭伏図を図-3、4に示す。

#### 4. 免震装置概要

既存建物は柱1本当たりの軸力が小さく、長周期化することが一般的に難しい。また、各柱直下にアイソレーターを配置するとダンパーの配置スペースが少なくなる。このため免震方式は、①アイソレーターとダンパーが一体化され、②長周期化しやすく、③免震化による地震エネルギー吸収量が大きい、下部にすべり部を有する「弾性すべり支承」、及び、「積層ゴム支承」を組み合わせて用いた。

免震装置部の骨格曲線・概念図・配置図を図-5～7に示す。この免震方式は、弾性すべり支承の初期剛性 $K_s$ と積層ゴム支承の剛性 $K_f$ と、弾性すべり支承の軸力分担率 $\beta$ （ $\beta=0.37$ 、滑り支承の平均摩擦係数 $\mu=0.12$ 、地震荷重 $W$ ）を組み合わせることで、免震装置の復元力を設定することができる。これにより周期は、すべり発生後（図中接線剛性）では3.82秒、レベル2地震動時（応答目標変形20cmと想定しその割線剛性）では2.85秒である。また、履歴エネルギー消費率はレベル2地震動時で等価粘性減衰定数換算（heq）で25%とすることができた。

C1、C2とは平成8年12月1日（財）日本建築センター免震構造評定委員会「免震構造建築物の評定用資料の作成方法とその解説」による地震動のカテゴリーレベルをいう。

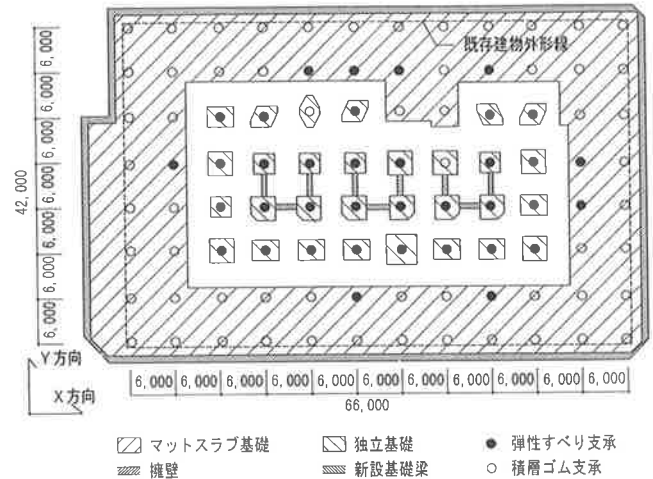


図-3 免震ピット基礎伏図

表-1 建物概要

建築場所	東京都豊島区東池袋1丁目18番1号
延床面積	延床面積：13057.80m <sup>2</sup> 、建築面積：2948.00m <sup>2</sup>
階数	地下1階、地上4階、塔屋3階
建物高さ	軒高：18.45m、最高部高：27.15m
構造形式	鉄筋コンクリート造、耐震壁付きラーメン構造
既存建物設計者	東京都豊島区建築課
既存建物施工者	大成建設株式会社
既存建物竣工	1961年
改修計画設計者	大成建設一級建築士事務所
改修工事施工者	大成建設株式会社
改修工事期間	1997年7月～2000年6月（設計・調査期間含む）

表-2 地震動レベルと改修目標

レベル1地震動	耐用年数中に1度以上受ける事の可能性の大きい地震動 地震後に構造の補修を必要とせず再使用可能とする。
レベル2地震動	過去・将来において受ける可能性がある最強の地震動 地震後に構造の大きな補修を必要とせず再使用可能とする。
余裕度の検討	
レベル2地震動を増幅し、終局限界の耐震性能目標を満足しなくなる部位を確認する。（人命確保のための余裕度の検討）	

表-3 目標クライテリアと変形クリアランス

	レベル1	レベル2
設定する地震動のカテゴリー	C1	C2
上部構造	概ね許容応力度以下	弾性限耐力以下
免震装置	安定変形以下	性能保証変形以下
下部（基礎）構造	許容応力度以下	弾性限耐力以下
設備配管の追従性	最大許容変形は±35cm	
免震部分と非免震部分のクリアランス	構造体の最大許容変形は±50cm EXP. J 仕上げの最大許容変形は±25cm	

C1、C2とは平成8年12月1日（財）日本建築センター免震構造評定委員会「免震構造建築物の評定用資料の作成方法とその解説」による地震動のカテゴリーレベルをいう。

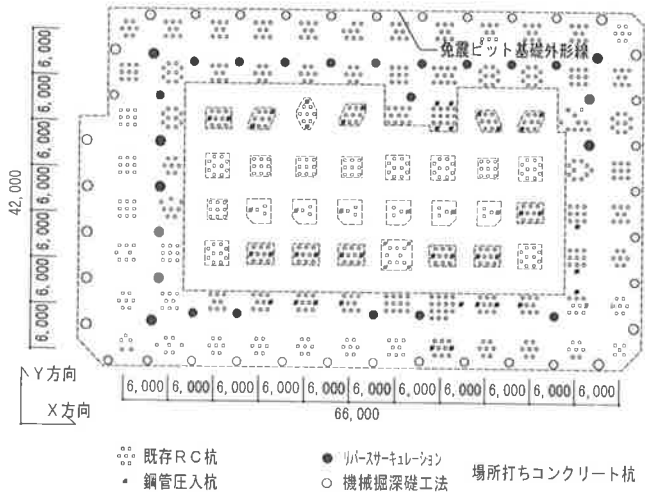


図-4 杭伏図

応答加速度は改修前後で1/10~1/5に低減され、レベル2地震動時においても改修後は150 gal 以下であることがわかる。

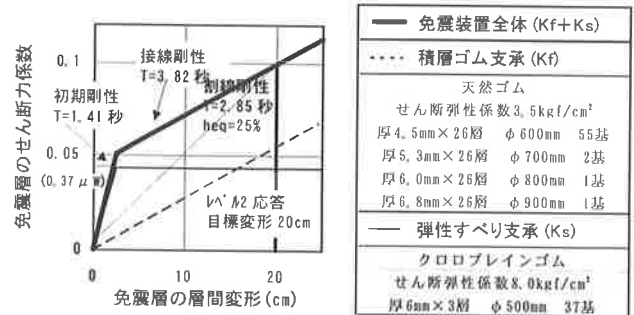


図-5 免震装置部の骨格曲線

### 5. 地震応答解析による耐震性能の確認

地震応答解析のモデル化は各階床位置に重量を集約した6質点等価せん断型とし、免震装置下部を固定として地震動を入力した。免震装置部分は図-5に示すKfとKsを並列に配置し、Ksの復元力特性はノーマルバイリニア、減衰は免震層を含めた建屋の1次固有周期に対してh=7%の瞬間剛性比例型とした。なお、Kfは弾性で減衰は無視した。上部構造の骨格曲線は静的弾塑性解析結果の荷重変形関係をトリリニアに置換し、復元力特性は武田モデル、減衰は上部構造のみの1次固有周期に対してh=3%の瞬間剛性比例型とした。

入力地震動を表-4に示す。各階のレベル2地震動時最大応答せん断力係数変形を図-8に、頻繁に起こる震度IIIとレベル2地震動(模擬波)の4階床レベルの加速度時刻歴を図-9に示す。

図-8の最大応答せん断力係数は、免震装置の特性のばらつきが地震応答に与える影響を考慮して、新たに設定した設計せん断力係数(免震装置レベルの層せん断力係数0.12)を下回っている。この設計せん断力係数時地震力に対して各部材は終局せん断耐力、及び、終局曲げ耐力に達していない。

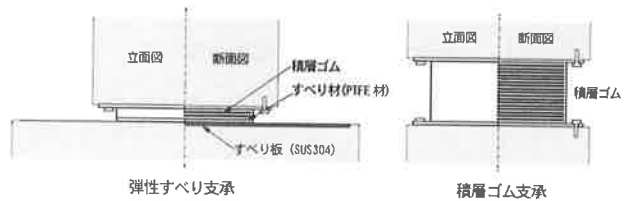


図-6 免震装置部の概念図

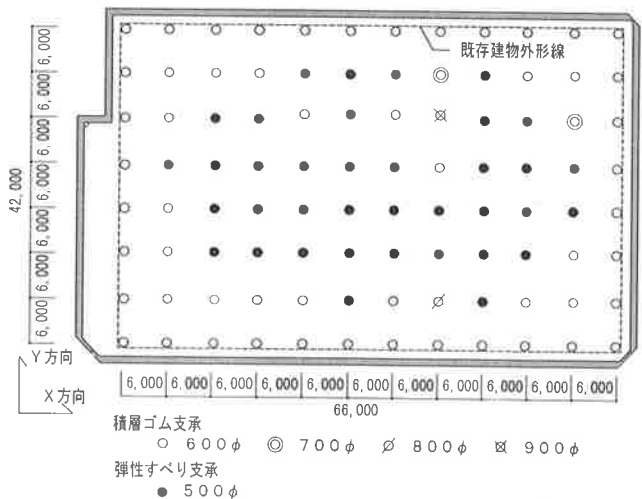


図-7 免震装置の配置

表-4 入力地震動

	地震波名	観測波最大入力レベル			備考
		大加速度 cm/sec <sup>2</sup>	最大加速度 cm/sec <sup>2</sup>	最大速度 cm/sec	
レベル2	TAFT EW	176.0	502.6	50.6	
	EL CENTRO NS	341.7	523.0	51.2	
	HACHINOHE NS	255.0	375.0	56.8	
	模擬波	—	560.0	46.5	(財)日本建築センターの設計用入力地震動作成手法指針(案)に則して作成されたレベル2地震動の基盤波を免震層レベルまで自由地盤応答により変換した模擬波
震度3	山梨県東部地震観測波	14.4	14.4	1.2	1996年3月6日に起こった山梨県東部を震源とするM5.8の地震で敷地近くの東京都内で観測された波形

入力レベルの加速度と速度はビルディングレター1986.6 高層建築物構造評定委員会「高層建築物の動的解析用地震動について」に示された表示方法による。

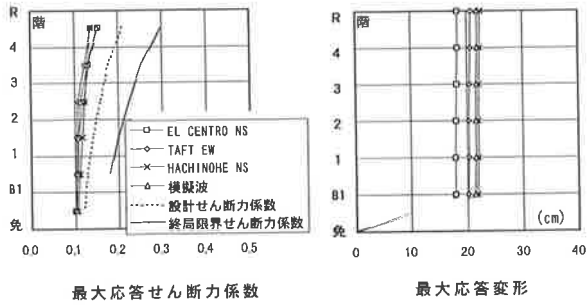


図-8 レベル2地震動時の最大応答値 (Y方向加力)

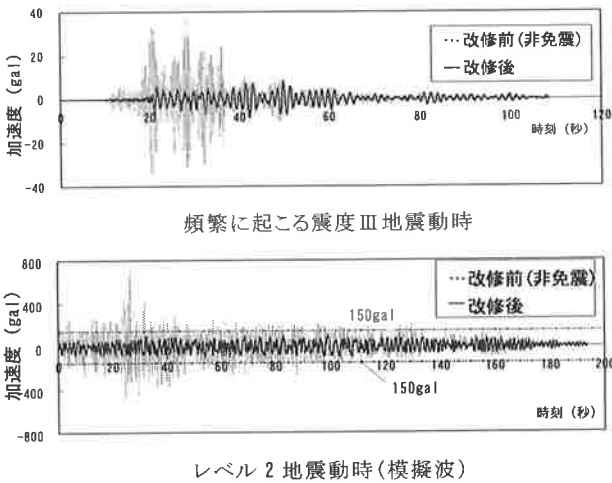


図-9 4階床レベルの加速度時刻歴

### 6. 施工計画の概要

庁舎業務を考慮して、地上部の機能を維持したまま免震ピットを施工するために、施工計画においては安全性を最重要視する必要がある。基礎免震レトロフィットの施工では、既存基礎下を掘削すると既存RC杭が露出状態になる期間が一時的に生じる。このような状況でも地震動時の安全性を確保するため、①既存RC杭が露出状態になる前に外周部を固め(建物外周部工事)②既存基礎下を掘削し(建物内部工事)③免震化する3つの工程に分割し、それぞれの工程で安全性を確認している。工事工程表、施工手順図表-5、図-11に示す。

全体施工計画図を図-10に示す。既存建物と道路境界の間隔は狭く、特に南・東面の外周部の擁壁工事は、連日の道路使用届けにより移動式仮囲いで日中作業をし、夜間は復旧する方法で施工した。また、住民サービスが低下しないよう常時庁舎への出入り口は3箇所確保し、騒音・振動の発生する工事は区役所と綿密な打ち合わせを重ね、夜間や休日に行っている。設備施設は既存状況を十分に調査し、可撓継手の盛り換えは平日に準備をし、設備の停止期間は休日に行うよう配慮している。なお、空調関係などは停止時の中

間期に盛り変える予定である。

### 7. まとめ

昭和36年に竣工した鉄筋コンクリート造、地下1階地上4階建の既存基礎下に免震装置を設ける改修計画をたてた。その結果、この敷地の過去・将来における最強の地震動後も、庁舎としての機能維持を上部構造は無補強で可能とする改修計画ができた。また、工事範囲が外周部と最下階に限られるため、庁舎業務にほとんど支障を出さないで改修工事が進められている。

この耐震改修計画をまとめるに当たって多大な御協力をいただいた、東京都豊島区建築部営繕課長の山屋文男様と営繕課の皆様は厚く御礼申し上げます。

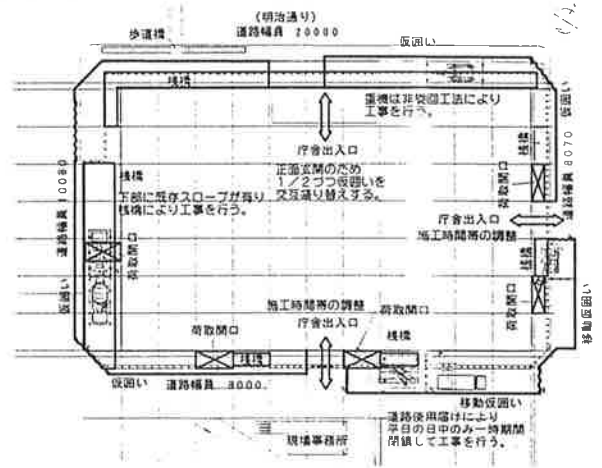


図-10 全体施工計画図



# 免震建築紹介

表-5 工事工程表

既存基礎下を掘削する期間においても、地震動時の安全性を確保するために工程は大きく3つに分割されます。

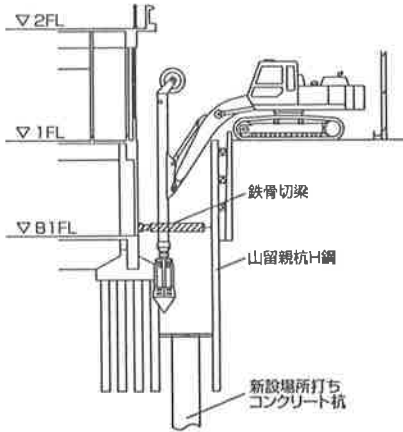
着工 9年 7月 17日 竣工 12年 6月 28日 (35.4カ月：設計期間を含む)

項目	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年
設計諸手続き	基本設計及び実施設計 (38条大臣認定、建築センター免震評定、耐震促進法認定取得)			検査
準備工事	[Bar]			
棧橋・山留工事	[Bar]			
土工事	[Bar]			
杭工事	[Bar]			
基礎躯体工事	[Bar]			
擁壁工事	[Bar]			
免震装置セット工事	[Bar]			
地下1階床躯体工事	[Bar]			
地下1階内装工事	[Bar]			
建屋外周取合工事	[Bar]			
設備工事	[Bar]			

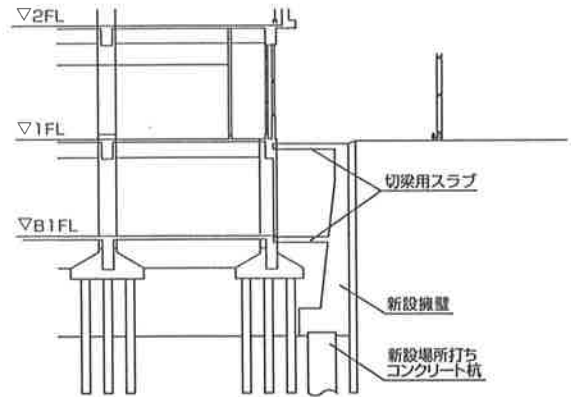
6/28

- ① 建物外周部工事 [Bar] 建物外周部の掘削、擁壁下部の杭と擁壁躯体工事を行い、擁壁と既存建物間に鉄筋コンクリート造の切梁用スラブを1階と地下1階レベルに設ける。この切梁用スラブは施工中の地震時水平力を建物外周部に流す役割をしている。
- ② 建物内部工事 [Bar] 地下1階土間床を解体し、建物内部の掘削工事を行い、免震ピット基礎躯体・杭工事を行う。なお①の切梁用スラブによって建物内部の既存基礎下を安全に掘削することができる。
- ③ 免震化工事 [Bar] 免震装置設置・地下1階の構造床・既存基礎梁補強を行い、既存杭の切断・外周部切梁用スラブ切断により免震化を行う。その後地下1階の仕上工事及びエキスパンション等の外構工事を行う。

### 1 建物外周部工事

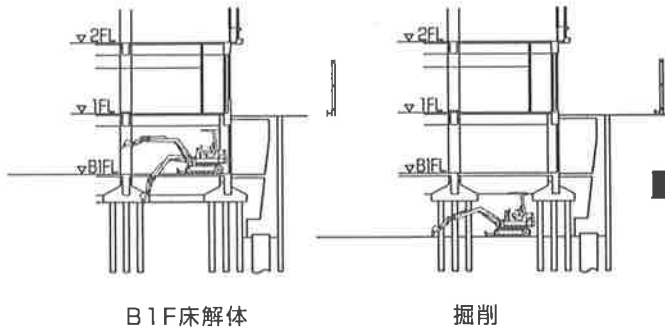


建物外周部の掘削、擁壁下部の新設場所打ちコンクリート杭工事を行なう。

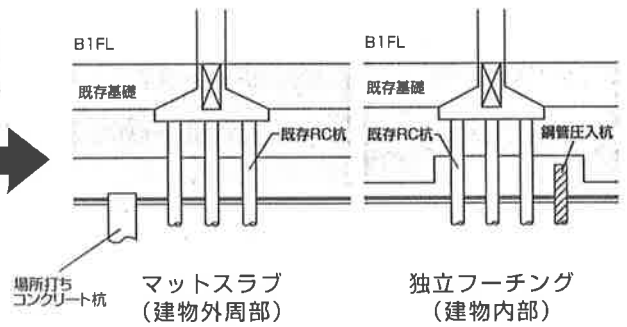


擁壁の躯体工事と、仮設用として新設擁壁と既存建物に鉄筋コンクリート造の切梁用スラブを1階と地下1階レベルに設ける。

### 2 建物内部工事

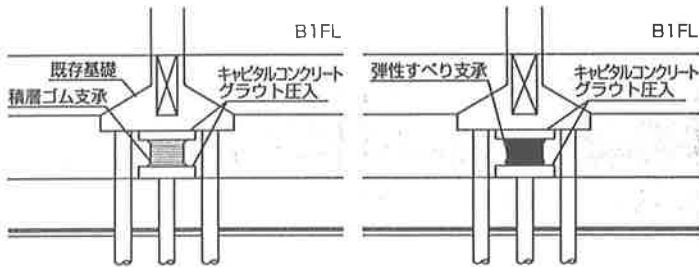


地下1階床レベルで小型掘削機械で土間床を解体し、床付けレベル迄掘削する。

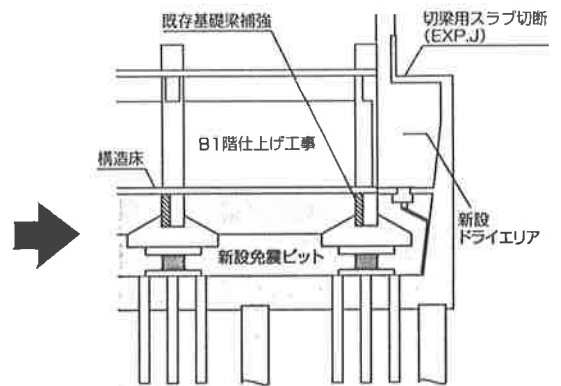


免震ビット基礎（マットスラブ・独立基礎）躯体・杭工事を行う。

### 3 免震化工事



サポート補強後、干渉する既存杭を切断し免震装置を設置する。



地下1階の構造床・既存基礎梁補強工事を行い既存杭の切断、外周部切梁用スラブ切断、エキスパンション工事により免震化を行う。その後、地下1階の仕上工事を行う。

図-11 施工手順図

# 戸建免震住宅「普及への挑戦」

— 一条ハイブリッド免震構法 —

(株)一条工務店 岡村 光裕 同 吉井 邦章



同 落合 誠



同 高橋 武宏



## 1. 耐震構法から免震構法へ

(株)一条工務店は今から約20年前に静岡県浜松市で産声をあげ、創業以来東海大地震に備えた「強い家づくり」を第一の目標として、各種研究に取り組んできた在来木造軸組構法の住宅メーカーです。

1995年の阪神・淡路大震災では、建物の倒壊により多くの圧死者が出ました。とても残念なことです。

震災当時、阪神地区に一条工務店の住宅1288棟を供給していましたが、綿密な被害調査の結果、全半壊がゼロであったことを確認しました。創業以来取り組んできた耐震構法は大地震に有効であることが証明されましたが、建物内部の安全性においては、まだまだ課題を残していることに気づきました。

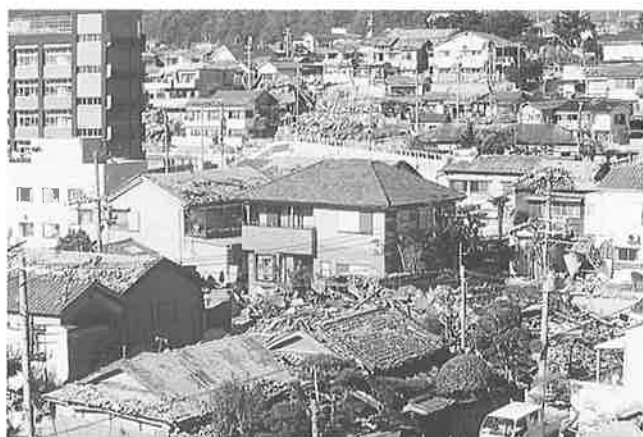


写真-1 震災直後の一条工務店の住宅

## 2. 木造戸建て住宅の特徴

建築物の中で最も免震化件数が少ない分類の一つに「戸建住宅」があります。これは、戸建住宅の種々の特徴が免震化を困難にしているためと考えられます。そこで、戸建住宅、その中でも特に「木造軸組構法による住宅」の免震化に対する問題点を整理したいと思います。尚、本文中で使用した数値は一条工務店の免震住宅（BCJ免-560）から引用しています。

### 問題点①：軽い

現在のほとんどの免震装置はビル用に開発されているため、軽量の住宅に従来の積層ゴムを使用すると硬すぎて周期を伸ばすことができず、免震効果が得にくいのです。

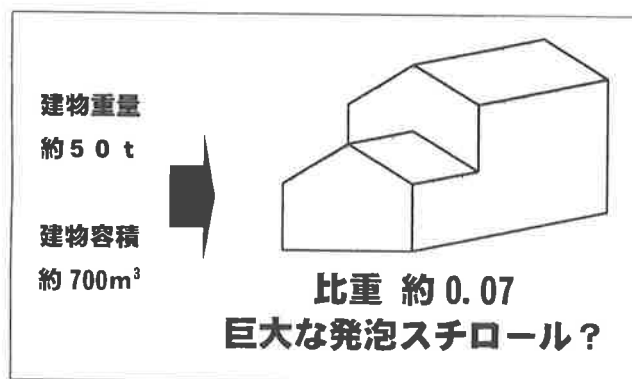


図-1 木造軸組み住宅の重量

対策：柔らかいゴム単体、水平剛性の小さい積層ゴム  
支承の開発及び摩擦係数の低いすべり支承の開発。

### 問題点②：柱が多い

木造軸組み構法では壁内に柱が数多く存在します。さらに、ビル等に比べると配置の規則性に欠けており、コスト的、場所的にも柱直下に一つの免震装置を置くことはできません。

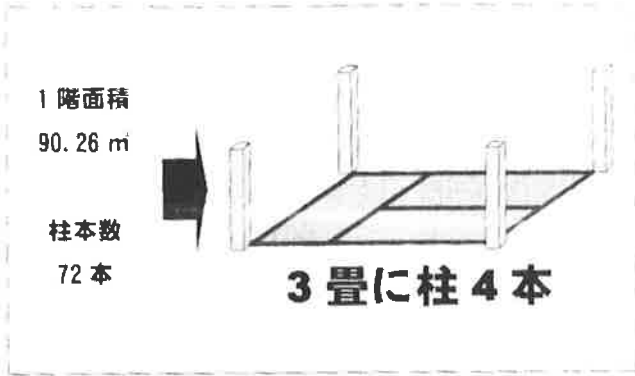


図-2 木造軸組み住宅の柱

**対策：**木製土台下の鉄骨フレームによって多数の柱軸力を受け、一定のスパン毎にすべり支承を配置して個数を減らす。

**問題点③：風VS地震**

軽量なため地震力に対する風圧力の比率が大きい場合もあり、免震性能を追求して免震層を柔らかくしすぎるとちょっとした季節風でも建物が動いてしまう可能性があります。また、大掛かりな風揺れ固定装置を付随させるとコストアップにつながります。

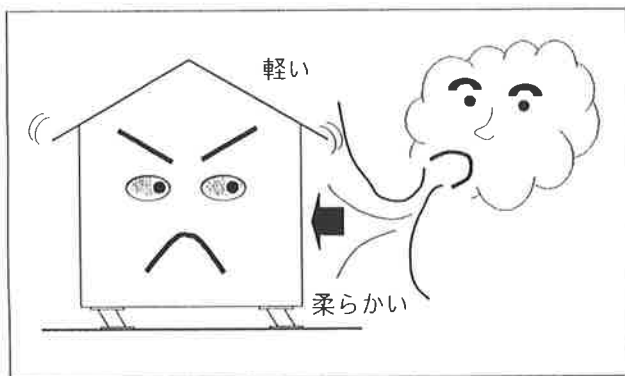


図-3 木造軸組み住宅と風

**対策：**特別な免震層固定装置を用いず、すべり支承に適切な摩擦係数を与え、免震性能（免震層の変形量、上部構造の入力加速度等）と耐風性能（すべり支承の摩擦力による建物固定機能）をバランスよく満足させる。

**問題点④：敷地余裕**

免震化すると建物の全周に免震層変形のための空間（クリアランス）が必要であり、一般的に敷地に余裕が少ない戸建住宅ではあまりに大きな変形を許容できません。特に住宅密集地では隣地環境線と建物の軒先に大きなクリアランスを確保するのは困難です。

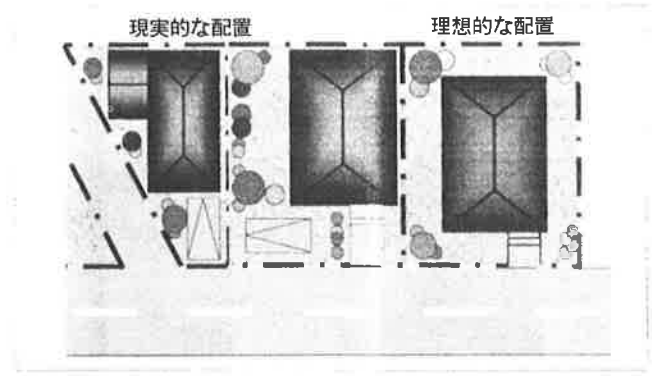


図-4 住宅と敷地

**対策：**極端な長周期化の設計をしない。設計変形量に合わせて適切な装置の剛性を定める。

**問題点⑤：メンテナンス**

戸建住宅はビル等と違い、専門の建物管理会社にメンテナンスを委託するわけではないので、何十年にもわたる定期点検や補修は困難です。

**対策：**機械部品を極力使わない。

メンテナンスフリーを目指して60年の装置耐久性試験を行い、設計で考慮する。

**問題点⑥：相対コスト**

大きなネックになっていると思われるのがコストの問題です。建築面積に対する免震装置の個数はビル等に比べ増える場合が多く、ボーリング調査や設計、評定費用を加えると総工費に対する免震化費用が著しく増加し、普及への大きな障害となります。

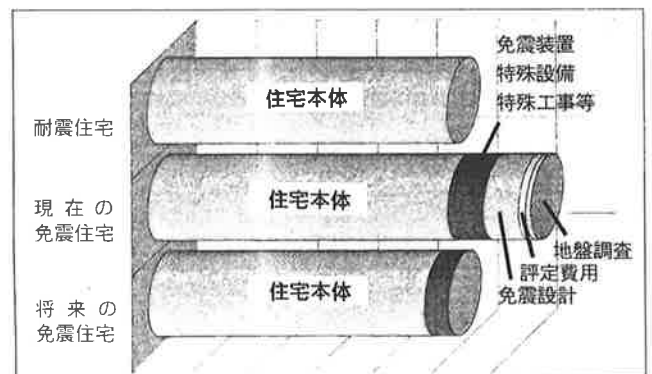


図-5 一条ハイブリッド免震構法のコスト

**対策：**上部構造を含め、基礎・鉄骨・免震装置・特殊設備の徹底したコストダウンを図る。

地盤情報をデータベース化して、地盤調査を簡略化する。

設計手法のマニュアル化等で、設計費用を削減する。

### 3. 実大振動実験

本構法の安全性の確認と発展のため、坂本功東京大学教授指導のもと、XYZ 3軸の振動台による実大建物の加振実験を行いました。図-6のように、実験建物は一条工務店が施工する住宅の平均的な規模で、内外装の仕上げ及び家具什器を配置して生活空間の動的な挙動も確認しました。

図-7はすべり摩擦係数 $\mu 0.04$ で全荷重をすべり支承に負担させた場合の応答結果です。横軸の入力加速度(地震レベル)が大きくなるにつれて、免震層の変形も大きくなっていきますが、最大入力においても家具や什器の転倒もなく、上部応答はせん断力係数0.2前後と高い免震効果を表しています。

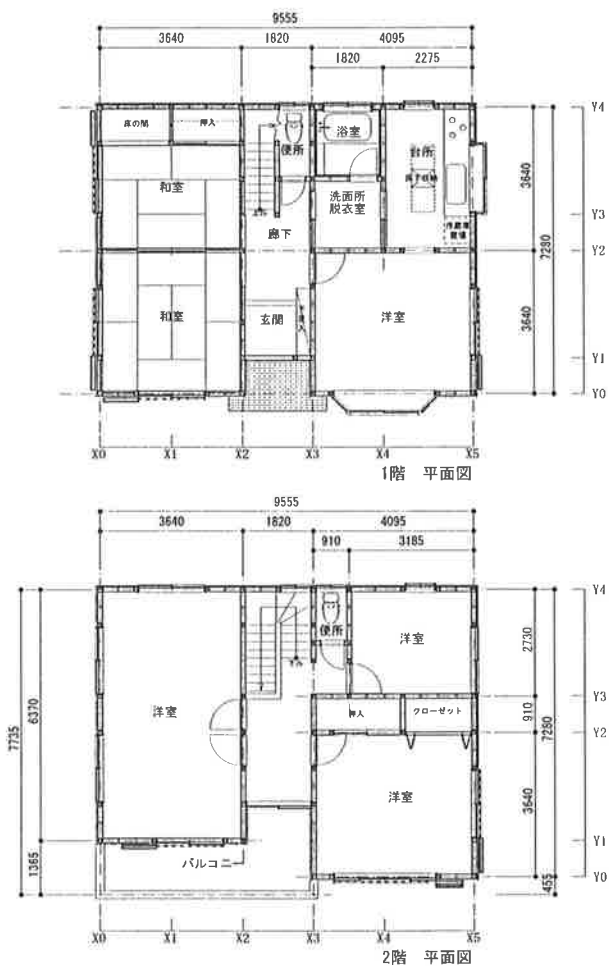


図-6 実験棟平面図

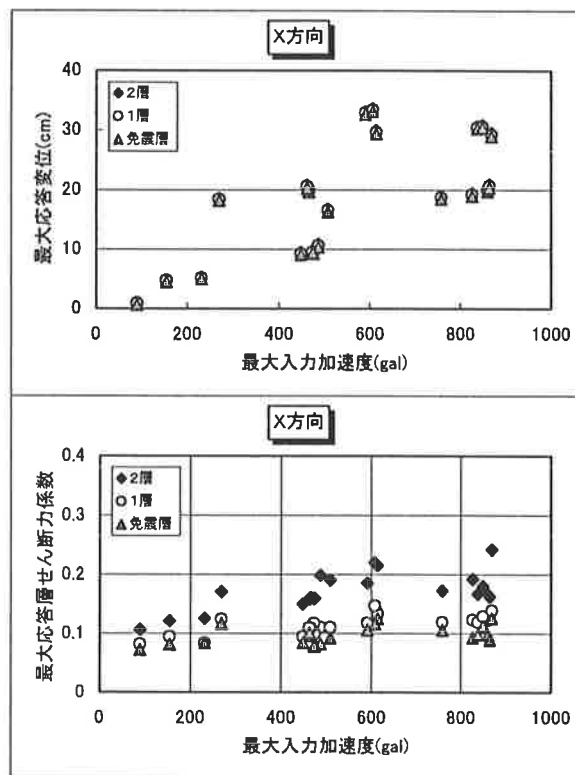


図-7 振動実験応答値

すべり支承の摩擦抵抗力は鉛直荷重に比例するため、上下動による荷重変動の影響が危惧されます。図-8は上下動の有無による加振時の応答を比較したもので、上下動により大きな履歴ループの中に小刻みな水平力の変動が混在していますが、最大値への影響はないことが分かります。

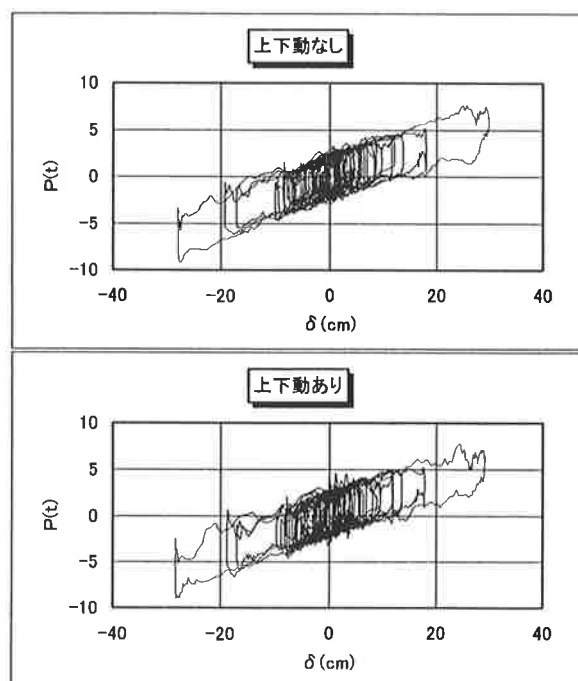


図-8 上下動考慮比較 (実験値からの免震層履歴)

#### 4. 施工事例

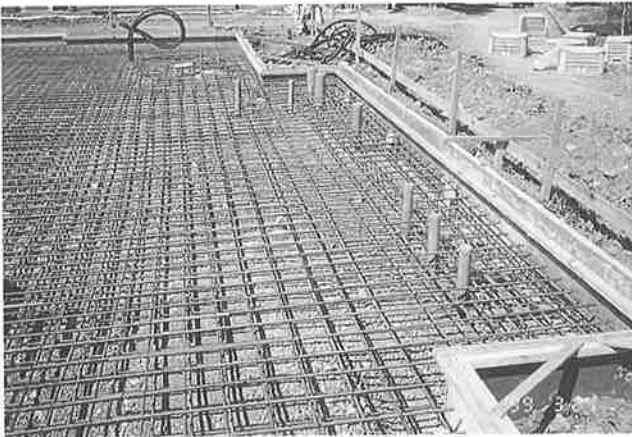
免震住宅を建設していくにあたり、給水管や排水管、ガス管、電気線等、設備関連の設計・施工が問題になってきますが、免震装置以外は市販されているものを利用することで対応できます。

免震装置部分の水平精度をきっちり出すことが施工上の最大の問題点です。また、地震時に建物が動くということを職人さん達に説明し理解してもらうのにかかなりの努力が必要です。

以下に施工事例を紹介します。御紹介できなかった部分で施工上問題となるプロパンガス、エアコンは建物より鉄骨の持出し部分を設け、そこに載せることで、地震時には上部構造と共に動きます。また、電気線と電話線は電信柱から建物までに余長を取って対応しています。

##### a) 基礎

ダブル配筋のベタ基礎

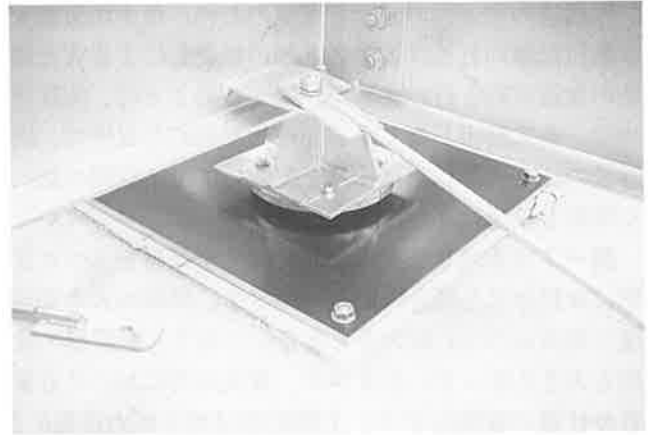


##### b) 鉄骨土台

H250のH鋼をメインに使う



##### c) すべり支承



##### d) 積層ゴム



##### e) 給水設備

さや管ヘッダー方式

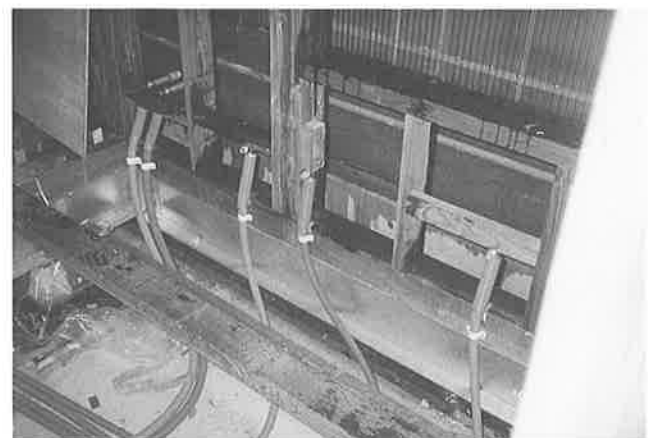
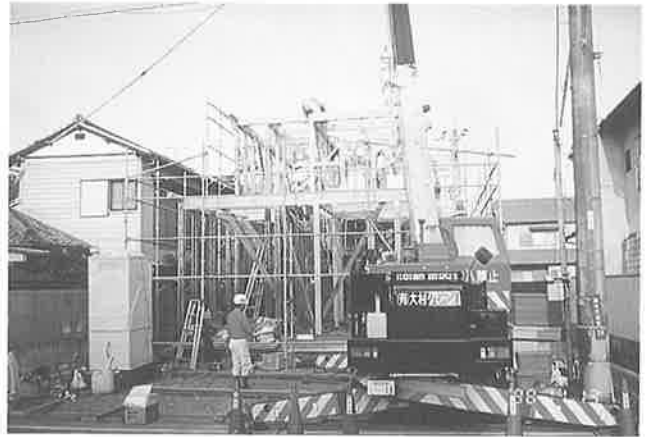


図-9(1) 施工事例

f) 排水設備



i) 上棟風景

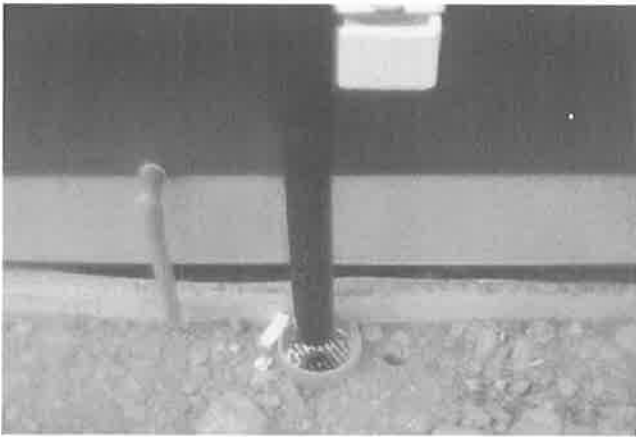


j) 一条工務店 免震一号棟



図-9(2) 施工実例

g) 雨どい



h) 基礎立ち上げ部分



## 5. まとめ

やはりまだまだ免震構法のPR不足なのでしょうか、建築主が免震構法と耐震構法との区別がつかなかったり、地震の恐ろしさや家族の安全を軽視している方の何と多いことでしょうか…。そして何よりも住宅のような小規模建築物では技術的・経済的制約が厳しいことが戸建免震住宅の普及を阻害する主な要因に

なっています。

筆者らは実大振動実験、検討をふまえて簡易な応答の評価手法を確立し、個々の敷地、施主の要望に即座に対応できるよう設計システムを構築、現在6件の個別免震評定を終了していますが、さらに実績を増やすとともに多方面に簡略化、合理化を進めています。また、免震構法の安全性や耐震構法では困難であった壁量を抑えた自由で開放的な住空間のPRを今後盛んに行うことにより、戸建免震住宅を広く普及させていきたいと考えています。

一条工務店では昨年9月に免震住宅の発売を開始しています。発表当時は同業他社の御質問も多くありました。多くの住宅メーカーや装置メーカーが免震構法を採り入れることは、社会環境の耐震性向上に寄与するところが大きいと思います。今後さらに性能のよい免震装置や簡易でより正確な設計手法が考えられていくことでしょうか。21世紀は免震構法の時代になるよう努力していこうではありませんか。

今回の資料が少しでも皆様の参考になれば幸いです。う次第であります。

# 株式会社サトー「プロプラーザ21」

清水建設 猿田 正明

テクノウェーブ 三浦 義勝

フジタ 鳥居 次夫



## 1. はじめに

今回の免震建築訪問は、恵比寿駅から徒歩5分という都心に建つ事務所ビルである株式会社サトーの「プロプラーザ21」に設計者の久米設計の小幡さんと梅野さんの案内で、出版委員会の須賀川委員長と担当の三浦、鳥居、猿田等がお邪魔しました（写真-1、2）。

建物に着くと、すぐに植栽の中に設置された「この建物は免震構造の建物です。地震時、敷地内に表示された黄色いポイント内を建物の一部が動くものと想定されています。地震発生時にはご注意ください。」と書かれた看板（写真-3）が目につきました。道行く人にも、このビルが免震建物であり、地震時に動くことが分かるようになっていました。

## 2. 建物概要

建物の概要を以下に示します。

所在地：東京都渋谷区恵比寿4丁目9番10号

敷地面積：726.78㎡、建築面積：438.75㎡

延べ面積：3,632.63㎡

規模：地上9階、地下1階、塔屋1階

基礎構造：直接基礎（べた基礎）

構造形式：

地上階

柱—鉄骨鉄筋コンクリート造

梁—鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）

地下階 鉄筋コンクリート造

2階以上—ラーメン構造

1階、地下階—耐力壁付ラーメン構造

免震装置：鉛プラグ入り積層ゴム—13基

設計：久米設計

施工：鹿島建設



写真-1 建物全景(1)



写真-2 建物全景(2)



### 3. 免震構造概要

免震装置は、鉛プラグ入り積層ゴムで、直径900φ-8台、800φ-4台、700φ-1台の計13台が使われています(図-1参照)。写真-4に免震ピットの様子を示します。積層ゴムの脇に、フェールセーフの鉄骨ブロックがあります。

応答解析結果から、レベル2(50cm/s)の地震動に対して免震装置の最大応答変位は23.3cm(Hachinohe NS)、頂部の応答加速度は305cm/s<sup>2</sup>(Taft EW)となっています。

エントランスでの表示(写真-3)と同様に、建物裏手にも歩道上に建物の移動する範囲が黄色いペンキで表示されていました(写真-6)。また、建物内部でも階段に移動範囲が示されています(写真-5)。

設計では、免震ピットを通過する階段部分等のディテールを決めるのに、模型を作って検討したそうです。

また、この建物は地下に機械式駐車場があり、その上に免震ピットが設けられており、車搬出のエレベータが免震ピットを縦断しています(図-1、2参照)。

敷地条件の厳しい都心ですが、免震建物として必要な建物回りのクリアランスがしっかり確保されています(写真-7)。



写真-3 免震構造であることを示す看板



写真-4 免震装置

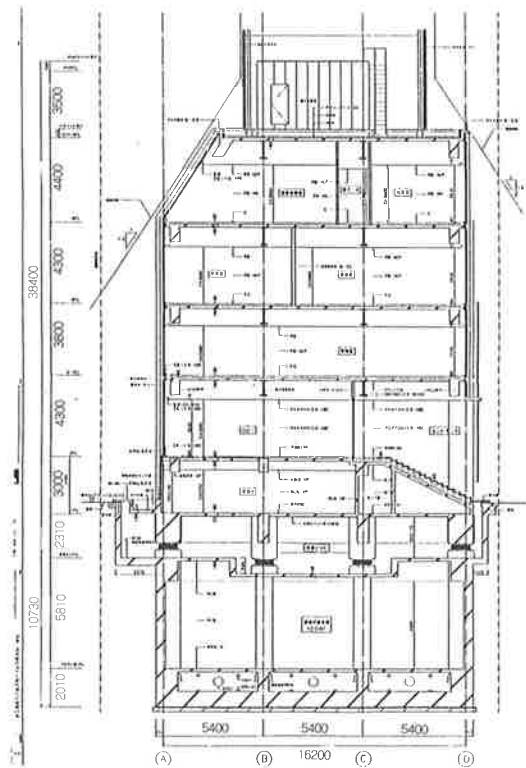


図-2 断面図

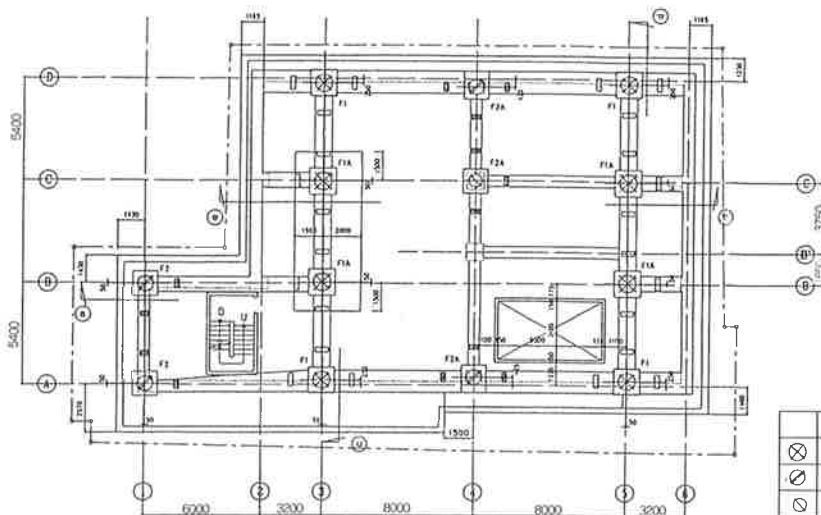


図-1 免震装置配置図

#### 4. 見学談義

8階の会議室で企画部長の横井さん、庶務課長の広川さん、庶務課の増田さん、塩原さんからお話を伺いました。

㈱サトーは、バーコードプリンタ業界のリーダーで、国内のシェア30%を占めバーコードプリンター用のラベルやシール等も製造している会社です。

本社が渋谷にあります。本社が手狭になり回りの貸しビルに分散入居していたのを一か所に集めて業務効率をあげるために、このビルの建設を計画されたそうです。計画時にちょうど兵庫県南部地震が発生し、営業所が被害にあったそうです。営業・サービスという収益の核になる現業部門が入る建物なのでの業務停

止を最小限に抑さえ、また防災拠点とできるようにと設計から提案された免震構造を採用されたそうです。

什器類の転倒の心配もなく、各階に自由にサーバーの計算機を置くことができるようになったので、本社の社員の方からは随分と羨ましがられたそうです。屋上には、自家発電の装置も備えています。

'97年12月に竣工後、幾度か地震を体感され、効果を実感された社員の方々からも非常に好評だということです。「免震による若干のコストアップについても、十分に元を取っていると考える」と非常に心強いお話を聞くことができました。

当日貴重な時間をさいて頂いた、株式会社サトーおよび久米設計の関係各位に厚くお礼を申し上げます。

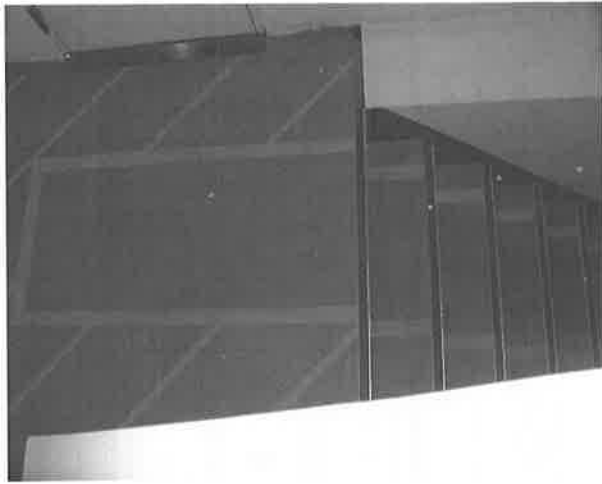


写真-5 階段での移動範囲の表示



写真-6 建物の移動範囲の表示

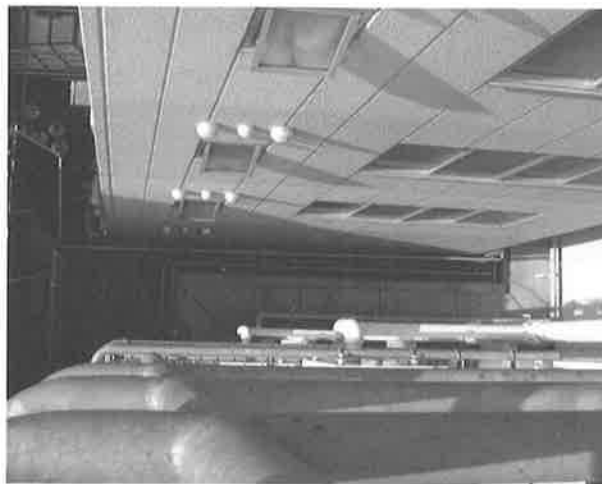


写真-7 隣の建物とのクリアランス



写真-8 訪問したメンバー

# 免震用積層ゴムの2方向地震入力仮動的実験

大林組 杉山 公一

同 関 松太郎



## 1. はじめに

免震建物を設計する場合は必ず地震応答計算を実施し、地震時の応答を把握することが前提となっている。このとき、免震建物を地震応答計算用の振動力学モデルに置換する作業が必要となる。上部構造のモデル化は今までの長い経験と実績からかなり正確な設定が可能であるが、免震装置の力学的モデルの設定に関してはしばしば頭を悩ますものである。そこで、本報では免震建物が非線形領域にまで達しうるといふような2方向の大きな地震入力に対して、免震装置の復元力特性モデルを用いずに地震時の応答が求められ、免震建物の設計に役立つ資料を提供できる手法として「仮動的実験」を紹介する<sup>1), 2)</sup>。

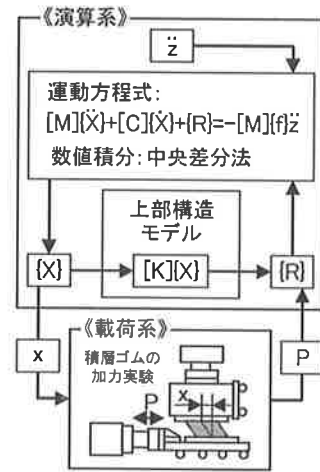


図-1 仮動的実験の概要

## 2. 仮動的実験とは？

仮動的実験は開発されてからすでに約24年が経過した<sup>3)</sup>。別名、「電算機一試験機オンライン実験」、「ハイブリッド地震応答載荷実験」、「擬似動的実験」等の多くの呼称がある。図-1に仮動的実験の概念を示す。仮動的実験は、試験体に建物の地震応答計算による試験体の応答変形を強制し、加力装置から測定される復元力をコンピュータに取り込みながら「地震応答計算」と「加力実験」を同時に進行させる実験である。試験体の復元力をモデル化せず本物を用いることができるので特に複雑な復元力に適していること、大きな試験体を使用できることなどのメリットがある。しかしながら、開発当初はコンピュータの性能、加力装置の制御精度等の制約から実験遂行に多大な時間を要していたが、近年では実時間に近い実験が可能となっている。

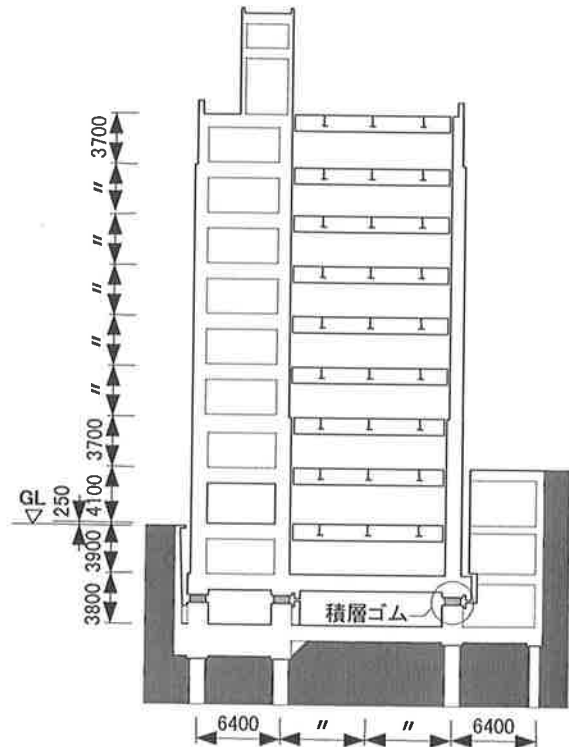


図-2 実験対象となった免震建物

## 3. 対象とした免震建物と振動モデル

対象建物は図-2に示すような現在施工中の地上8階、地下1階の鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）造の事務所ビルである。地下2階の柱頭にゴム径Φ800mm～1000mmの計16基の高減衰積層ゴムが設置されてい

る。この建物を仮動的実験に用いる振動モデルに置換する場合、実験を遂行する時間の節約や制御用のパソコンの容量などを配慮して、上部構造を本来の9質点振動モデルから図-3に示すような3質点モデルに縮小した。上部構造はSRC構造で今回は塑性化しないことを前提に弾性ばねモデルとし、粘性減衰は非免震時の1次周期に対して弾性剛性比例型で2%としている。免震装置である高減衰積層ゴムでは非線形の復元力特性は実験から得られるものを使用し粘性減衰定数はゼロとした。

固有周期は、非免震の場合は上部構造の周期となり1次はX方向で0.45秒、Y方向で0.57秒となる。免震建物では積層ゴム20cmの変形(100%歪)時で両方向とも3.0秒である。

#### 4. 仮動的実験の方法

##### (1) 試験体

図-4に積層ゴム試験体を示す。ゴム径400mm、ゴム総厚80mmの高減衰積層ゴムであり、実大積層ゴムの1/2.5相当の積層ゴムである。内部ゴムは、3.2mmが25層、内部鉄板は1.2mmが24層、ゴム径400mm、一次形状係数25、二次形状係数5、ゴム硬度がG6である。面圧は、実建物と同じ100kg/cm<sup>2</sup>である。

##### (2) 加力装置

写真-1に水平2方向と鉛直方向の加力が可能な3軸加力装置を示す。2段交差の配置のリニアガイドにより水平面内を自由に移動できる鋼板の滑動テーブルと鉛直方向のリニアガイドにより上下方向にのみ移動できる軸力ボックスの間に試験体を挿入して固定する。直交配置の水平方向加力用動的アクチュエータ2基(荷重:50tf、ストローク:±300mm)が滑動テーブルにブラケットを介して取り付けられ、軸力ボックスの上部には鉛直方向加力用静的アクチュエータ(荷重:圧縮300tf/引張200tf、ストローク:±200mm)が並列で2基取り付けられている。実験では、応答変形がコンピュータの制御下にある水平加力用アクチュエータ(変位制御モード)で積層ゴムに強制され、面圧100kg/cm<sup>2</sup>は鉛直加力用アクチュエータ(荷重制御モード)で一定値を保ち与えられる。

##### (3) 数値解析上の設定事項

###### ①試験体と実建物との関係

仮動的実験を行うには、実大の建物を一体の積層ゴムの試験体を用いた実験で代表させることによる計算上の仮定がある。試験体の縮小率は1/2.5

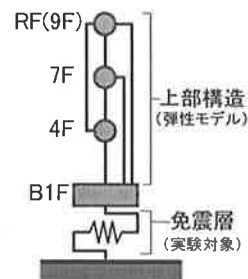


図-3 実験用の自由度縮小振動モデル

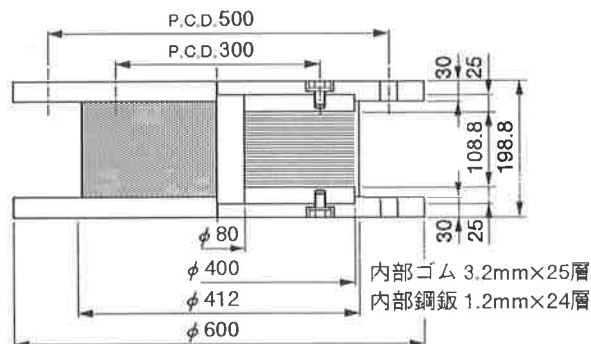


図-4 高減衰積層ゴム試験体 (1/2.5縮小モデル)

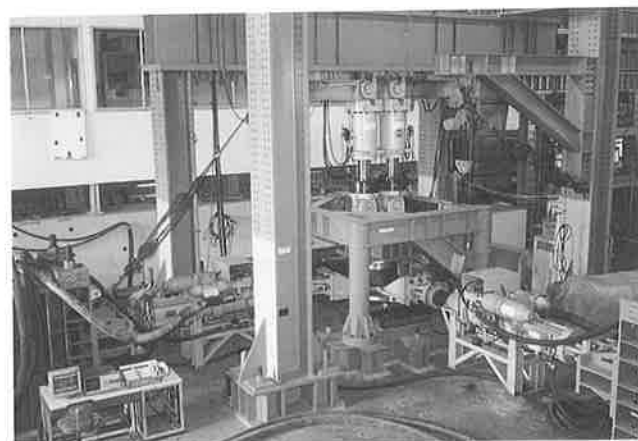


写真-1 準動的3軸加力装置

であるため、実際に強制する変形は実応答変形の1/2.5倍となる。また、応答計算に用いる免震層の復元力はアクチュエータのロードセルで測定される試験体の復元力を82.6倍(実機全数の総断面積に換算)している。これらの換算を用いることによって縮小試験体の実験でも実大の建物の実験が可能となる。なお、建物の周辺部に配置される積層ゴムは実際には地震時に軸力変動を生じるが実験では考慮されていない。また、実験の遂行時間すなわち試験体に強制する変位の速度は、実速度の1/2.5~1/5である。すなわち、30秒間の実応答時間に対して実験では75秒から150秒になるが、事前の検討により積層ゴムに与える速度依

存の影響が小さいことを確認している<sup>4)</sup>。

②入力地震波の種類と最大加速度の大きさ

建物の桁行(X)方向を主方向として、著名3地震波(EL-CENTRO NS, TAFT EW, HACHINOHE NS)の60,75,100cm/s相当を用いる。2方向地震入力実験では、梁間(Y)方向にそれぞれの直交方向成分を原波に対する同じ倍率で入力する。ここでこのような大きな入力を用いたのは、建物の安全性を確認するレベルを検討するためであり、また同時に積層ゴムの変形がハードニング領域に至る非線形特性を対象とするためでもある。

5. 実験結果

(1) 最大応答変形

表-1に1方向、2方向入力実験の3波の入力地震波に対する免震層の最大応答変形が示されている。応答変形は実建物の換算された値である。これによると100cm/s入力に対して約60cm、ゴムのせん断歪みで300%を越える応答となっている。

(2) 荷重-変形関係および変形の軌跡

図-5にHACHINOHE波の100cm/s入力に対する荷重-変形関係((a)~(d)図)および、変形の軌跡((e)図)を示す。また、写真-2に2方向入力実験

表-1 最大応答変形

入力方向数	仮動的実験											
	X方向		Y方向		X方向		Y方向		X方向		Y方向	
	EL CENTRO NS	TAFT EW	HACHINOHE NS	EL CENTRO EW	TAFT NS	HACHINOHE EW	EL CENTRO NS	TAFT EW	HACHINOHE NS	EL CENTRO EW	TAFT NS	HACHINOHE EW
1	入力 (gal)	612.0	745.0	1020.0	入力 (gal)	27.70	33.10	49.99	入力 (gal)	376.3	470.4	627.2
	応答 (cm)	27.70	33.10	49.99	応答 (cm)	26.52	41.34	65.65	応答 (cm)	23.37	41.34	65.65
	入力 (gal)	612.0	745.0	1020.0	入力 (gal)	27.70	33.10	49.99	入力 (gal)	376.3	470.4	627.2
2	入力 (gal)	612.0	745.0	1020.0	入力 (gal)	27.70	33.10	49.99	入力 (gal)	376.3	470.4	627.2
	応答 (cm)	28.20	36.24	55.12	応答 (cm)	27.90	40.74	59.81	応答 (cm)	22.97	29.94	41.31
	入力 (gal)	612.0	745.0	1020.0	入力 (gal)	27.70	33.10	49.99	入力 (gal)	376.3	470.4	627.2



写真-2 積層ゴムの2方向変形状態

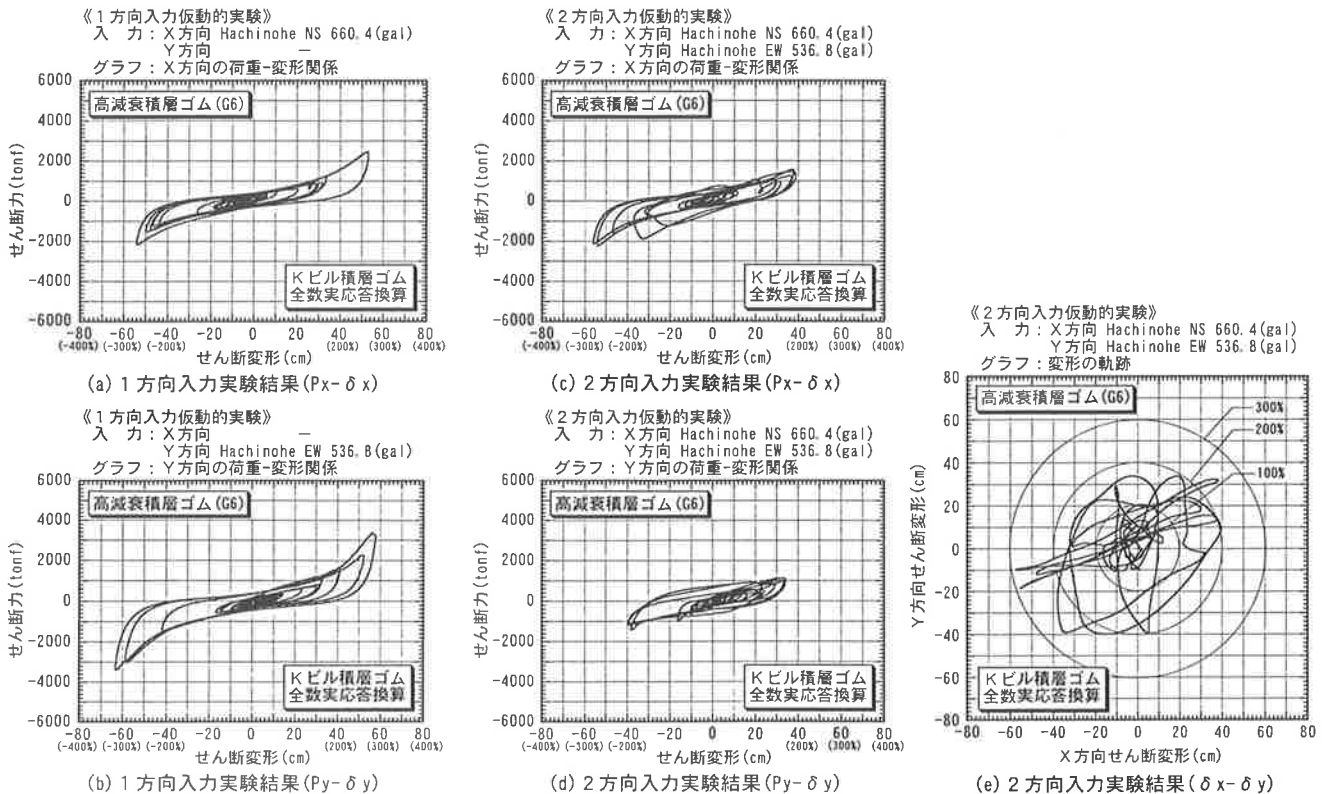


図-5 仮動的実験結果 (HACHINOHE 1968 NS & EW 100cm/s相当入力)

時の積層ゴムの変形状態を示す。1方向入力実験では安定した履歴ループ形状を示しており、変形40cm（せん断歪み200%）付近からハードニングが見られる（(a), (b)図）。2方向入力実験では、変形の軌跡（(e)図）に見られるように複雑な挙動を示し、X-Y平面上を全方向に動くことがわかる。このため各成分に分けた荷重-変形関係（(c), (d)図）では、履歴ループが丸みを帯び、剛性が局部的に増減するなどやや不安定な形状を示す。また、この地震波の場合他の地震波と比べて、2方向入力のY方向の応答変形は1方向入力の同方向変形の約60%に低減している。これは、地震波の特性によるものと言えよう。

(3) 1方向入力と2方向入力実験の比較

図-6に1方向入力と2方向入力実験による最大応答変形の関係を示す。HACHINOHE EW波入力したY方向の実験ケースを除いて、1方向入力と2方向入力の差は概ね5%以下で、最大でも10%程度と小さく、2方向入力による応答変形の増加は小さいことがわかる。HACHINOHE波のように2方向入力の方がむしろ応答が小さくなる場合もみられた。

6. まとめ

高減衰積層ゴムを使用した免震建物の安全余裕度検討レベル（60~100cm/s）の地震に対する1方向及び2方向仮動的試験を実施し以下の知見が得られた。

- ①ハードニング領域を含む非線形領域における荷重-変形曲線は、2方向入力の場合は両方向の相互作用により1方向とはかなり異なる形状を呈し過酷な荷重条件となるが試験体の損傷等の不具合は生じていない。
- ②2方向入力の場合の最大応答変形は、1方向の同じ大きさの入力実験に対してわずかな増加にとどまっている。地震波の特性にも依存するが、本実験の結果からハードニング領域を含む非線形領域の設計においても1方向入力の設計で特に問題とならないことが言えよう。

なお、以上の知見は本実験の高減衰積層ゴムに限らず他の積層ゴムにも適用可能と考えている。非線形領域における積層ゴムの復元力特性のモデル化と地震応答シミュレーションについては今後の課題としたい。

謝辞

本実験を行うにあたり横浜ゴム(株)より高減衰積層ゴムの試験体の提供を受けました。ここに記して謝意を表します。

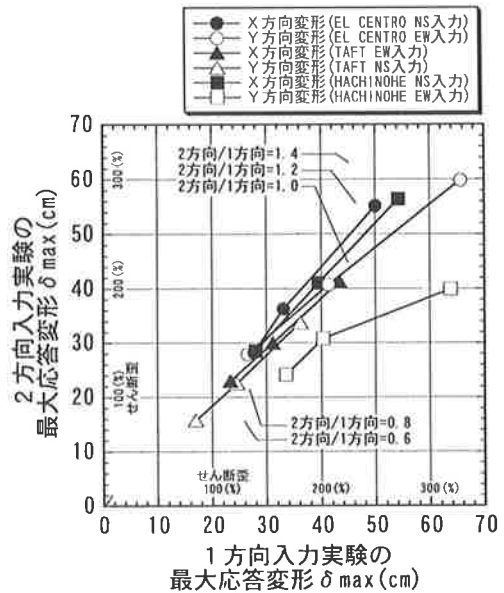


図-6 1方向入力と2方向入力の比較

文献

- 1) 遠藤、杉山、関：高減衰積層ゴムの準動的せん断加力実験（その1.異なる面圧下での漸増変位繰返し加力実験）、日本建築学会学術講演梗概集、1998年9月
- 2) 杉山、関：高減衰積層ゴムの準動的せん断加力実験（その2.安全性検討レベルの2方向地震入力仮動的実験）、日本建築学会学術講演梗概集、1998年9月
- 3) 高梨、宇田川、関、岡田、田中：電算機一試験機オンラインシステムによる構造物の非線形地震応答解析（その1）、日本建築学会論文報告集、第299号、1975年
- 4) 岩田、家村、杉山、他：大規模自由通路橋の2方向免震支承のハイブリッド地震応答裁荷実験、第10回日本地震工学シンポジウム論文集、1998年11月

# 免震制震・エネルギー吸収構造に関する国際会議に参加して

東京建築研究所 劉 隆俊



免震、制震、エネルギー吸収構造に関する国際会議（International Workshop on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Control of Structures）が1999年5月6日から8日まで、中華人民共和国の広州市において開催された。この国際会議は中国建設省、US National Science Foundation および広州市政府の後援を受け、中国の華南建設学院西院と米国の University of Notre Dame の共同主催によるものである。会議の実現には、中国の華南建設学院西院周福霖（Zhou Fu Lin）教授と米国の University of Notre Dame の Billie F. Spencer Jr. 教授の努力が大きく貢献したと感じられた。（写真-1は開会式後の記念写真である。）

今回の会議は、主旨報告が行われたのち、免震基礎、エネルギー吸収とパッシブコントロール、アクティブとセミアクティブコントロールの3つのセッションに分かれて2.5日間の論文発表と半日の免震建

物の見学で構成された。各国および各地域からの参加者は約80人、論文発表者は38人、発表された論文は44篇である。国および地域に分けて、発表者数および論文数を表-1に示す。また、論文題目および発表者リストを後ろの表-2に示す。

表-1

国地域	発表者数 (人)	論文数 (篇)
中国	18	21
アメリカ	13	15
日本	2	2
香港	1	2
ニュージーランド	2	2
カナダ	1	1
台湾	1	1
合計	38	44



写真-1

主旨報告は中国華南建設学院西院の周福霖教授、米国 University of Notre Dame の Billie F. Spencer Jr. 教授およびニュージーランドの W. H. Robinson 教授によって行われた。周教授は中国における免震・制震構造の現状と動向を、Spencer 教授は磁気流体ダンパー (Magneto-Rheological fluid damper) に関する研究報告を、Robinson 教授はニュージーランドの免震構造の現状を紹介した。その中の磁気流体ダンパーの研究は特に多くの注目が寄せられた。日本からは、鉛プラグ入り積層ゴムのモデル化の研究と現在注目されている戸建て住宅免震基礎の3次元振動実験に関する研究が報告された。

中国には、1994年汕頭地震<sup>\*)</sup>の際に免震構造の有効性が実証されてから、免震建物の建設が多くなってきた。現在建設された免震建物は約70棟、建設中のものは約20棟と報告されている。

写真-2、3は見学案内された建設中の免震建物(8階建て、延べ面積約6,000㎡)で、写真-2は建物の外見、写真-3は1階柱頭部に設置された鉛プラグ入り積層ゴムである。

この建物は主に500~600φの積層ゴムと鉛プラグ入り積層ゴムが合計40個使用されており、希に起こる大地震に対して積層ゴムのせん断歪み度を300%以下に抑えて設計されている。

論文発表会が終わって、最後に懇親会が開かれた。懇親会は、中国の周福霖教授と米国の Spencer 教授のお礼および慰労の挨拶で始められ、多くの会議参加者がそれぞれの想いを語ったりしていた。3時間に及んだ懇親会は、盛大かつ友好的な雰囲気の中に終了した。

<sup>\*)</sup> 1994年中国南部の汕頭市に地震が発生しており、その1年前に建設された8階RC造免震建物はあまり揺れず建物の中に居る人が地震をほとんど感じなかったが隣りの同規模の非免震建物は激しく揺れ建物内に居た人が建物から逃げ出したりしたと言う。



写真-2

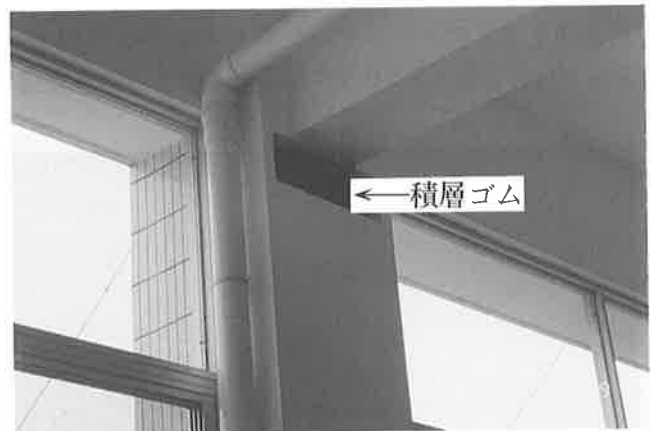


写真-3



表-2 論文題目および発表者リスト

No.	題 目	発表者・学校名又は会社名
0-01	Recent Research and Development on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Control of Structures in China	Prof. Zhou Fu Lin, South China Construction University, China
0-02	Magnetorheological Dampers for Seismic Protection: A Full-Scale Study	Prof. Billie F. Spencer, Jr., Department of Civil Engineering, and Geological Sciences, University of Notre Dame, USA
0-03	Seismic Isolation of Structures	Prof. W. H. Robinson, Penguin Engineering Ltd. New Zealand
1-01	High Damping Rubber Structural Dampers: Modeling and Analysis	Prof. Le-Wu Lu, Department of Civil and Engineering, Lehigh University, USA
1-02	Analysis Models for the Lead Rubber Bearing	Dr. Feng Demin, Fujita Corp., Japan
1-03	Mechanic Characteristic of Rubber Bearings in Column Top Isolation System	Mr. Liu Wengguang, South China Construction University, China
1-04	Base Isolation Achieved through Nonlinear Localization: Experimental Results	Prof. L. A. Bergman, Dept. of Aeronautical and Astronomical Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA
—	Experimental Verification of Shock Reduction Achieved Through Nonlinear Localization	同上
1-05	3-Dimensional Shaking Table Test on Base-Isolation System for Houses	Dr. B. Myslimaj, Institute of Engineering Mechanics, University of Tsukuba, Japan
1-07	Development of the Light-Weight Isolation Bearings	Prof. Wendy Taniwangsa, Department of Civil Engineering, Santa Clara University, USA
1-09	Comparison of Analysis Methods of Earthquake Response and Loss Assessment of Base-Isolated Buildings	Dr. Dai Junwu, China
1-11	Application and Development of Structural Base Isolation Technology in Hangzhou China	Prof. Qian Guozhen, Hangzhou Earthquake Engineering Office, China
1-12	Introduction of the First Experiment Base Isolation Building in Hangzhou	同上
1-13	Seismic Isolation of Rigid Tanks Using Friction Pendulum Bearings	Prof. Yen-Po Wang, Department of Civil Engineering, National Chiao-Tung University, Taiwan
1-17	The Energy-Distribution Design Method for the Base-Isolation Buildings	Mr. Li Qingfu, Shanxi Architectural Design and Research Institute, China
1-20	Carrying Capacity of Isolation Mounting of Rigid Balls with Restoring Property for Building	Prof. Lin Ying, China Southwest Architectural Design and Research Institute, China
1-23	Seismic Bearings for Large Span Bridges	Dr. Roy A. Imbsen, Imbsen & Associates, Inc., USA
1-24	The Isolation Philosophy Used in China Railway Bridge	Prof. Liao Shuqiao, The First Institute of Survey and Design of Railway Ministry, China
2-01	Frame Retrofit Using Friction Dampers	Prof. Sheldon Cherry, Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Canada
2-02	Hazard Mitigation for Long Recurrence Interval Earthquakes Using Passive Response Modification in Architectural Cladding	Prof. J. I. Craig, Department of Aerospace Engineering, George Institute of Technology, USA
2-03	Dampers as a Design Alternative for Steel Frame Buildings	Mr. Huang Sampson C., Hart Consultant Group, USA
2-04	Determination of the Critical Direction of Ground Motion for the Base Isolation of a Concrete Building	同上
2-05	On Structural Response Reduction through Supplemental Damping	Prof. George C. Lee, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research University at Buffalo, State University of New York, USA
2-08	Precast Concrete Structural Walls with Supplemental Damping	Prof. Yahya C. Kurama, Department of Civil Engineering and Geological Sciences, University of Notre Dame, USA

2-10	Optimization of Energy Dissipation Braces in Frame Structures	Mrs. Xian Qiaoling, South China Construction University, China
2-11	Test and Research of a New Type Antiseismic Energy Dissipating Bracing	Prof. Chen Zongming, China Aeronautical Project & Design Institute, China
2-12	The Study on Some Kinds of Energy Dissipater and the Structure with Energy Dissipater	Dr. Zhou Yun, South China Construction University, China
2-13	Experimental Study on a High-Efficient Damping Control System	Dr. Tan Ping, South China Construction University, China
2-14	The Theoretical Analysis Model of Hydraulic Damper System	Dr. Qi Ai, Shenyang Architecture and Civil Engineering Institute, China
2-19	A Hysteretic Damping Device Suitable for Reducing Structural Vibrations	Dr. Zhao J. X., Institute of Geological & Nuclear Sciences, New Zealand
2-22	Optimal Energy Dissipation Control of Hysteretic Structures under Random Loading	Dr. Ni Y. Q., Department of Civil and Structural Engineering, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
2-25	Limiting Drift Response of Building Structure Subjected to Earthquakes	Prof. Joann Browning, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Kansas, USA
2-27	Vibration Control of a Cable by a Cable-type Dynamic Vibration Absorber	Prof. Coa D. Q., Department of Applied Mechanics and Engineering Southwest Jiaotong University, China
3-01	Nondimensional Analysis of Semi-Active Damping Control Strategies for Civil Structures Using Magnetorheological Dampers	Prof. Norman M. Wereley, Smart Structures Laboratory, Department of Aerospace Engineering, University of Maryland, USA
3-02	Seismic Response Control Using a Semi-Active Stiffness Damper	Prof. Jann N. Yang, Department of Civil & Environmental Engineering, University of California, USA
3-03	Shaking Table Test of AVS-D Control System	Dr. Tan Ping, South China Construction University, China
3-04	Predictive Control Algorithm and Shaking Table Tests of AVS-D System	同上
3-07	Hybrid Control of Structure Using Artificial Neural Networks	Prof. Yan Shi, Shenyang Architectural and Civil Engineering Institute, China
3-13	Damper-Actuator Systems with Observer Technique and Optimal Placement	Prof. Franklin Y. Cheng, Department of Civil Engineering, University of Missouri-Rolla, USA
3-14	Structure Control of Highrise Building Using Megaframe with Suspension Systems	Dr. Zhang Yaohua, Department of Civil Engineering, South China University of Technology, China
3-17	Transient Dynamic Response of Preisach Hysteretic Systems	Dr. Ni Y. Q., Department of Civil and Structural Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
3-20	Seismic Protection of Continuous Gird Bridge Using Hybrid Control Systems	Prof. Zhu Xi, College of Civil Engineering and Architecture, Northern Jiaotong University, China
3-23	Research on Wind Resistance of Shenzhendiwang Building Using TMD	Dr. Teng Jun, Institute of Shenzhen General Architectural Research & Design Institute, China
—	Seismic Analysis and Design Approaches of Passive Energy Dissipation System	Prof. Ou Jinping, China

注) このリストはこの会議の論文要約集および会議プログラムによる。

# 建築用セミアクティブオイルダンパ

カヤバ工業 露木 保男



## 1. はじめに

22号（その1）ではオイルダンパの基礎的な説明、23号（その2）では実際の使い方の説明をしましたが、本号ではいよいよ、制御を用いることにより大きな振動抑制効果をあげることができるセミアクティブ制御について説明します。

セミアクティブ制御はセルシオやセフィーロといった自動車や、500系・700系新幹線などの鉄道では既に実用化されていますが、建築構造の免震制御ではまだ一般普及しておらず研究段階です。本稿ではセミアクティブの基本を、自分が制御則とシミュレーションを担当した、700系新幹線の実用化開発の経験を基に、できるだけ平易に説明させていただきます。

## 2. オイルダンパ効果の特徴と限界

オイルダンパの働きは有害な振動を抑えることにあります。これにより危険な共振を抑え、建物や中の人間の安全性を保つと共に、人に快適さを提供することが可能となります。これはオイルダンパが地震や風揺れ等の余分な振動エネルギーを熱に変換し、消散させるためです。

しかしながら、オイルダンパを免震装置に取り付けた場合、地面が地震で揺れた場合と風等で建物が直に外力を受けた場合とで異なった応答を示します。

地動の場合は、図-1に振動モデルを、図-2に振動数比（外力と共振周波数の比）と応答倍率の関係を示します。この共振曲線が示すように、共振点の $\sqrt{2}$ 倍の周波数で応答が逆転してしまいます。理論上高周波の絶縁と最も揺れる1次の共振の抑制を両立させることは困難です。また地面の揺れと建物の揺れは位相が異なるので、逆に振動抑制の妨げになるモードが出現してしまいます。

これに対して図-3のように建物に直に外力が加えられた時は、図-4の共振曲線に示すように、ダンパが強いほど揺れは良く止まります。尤もこの場合でもダンパを強くした分、受ける荷重は強くなることは覚

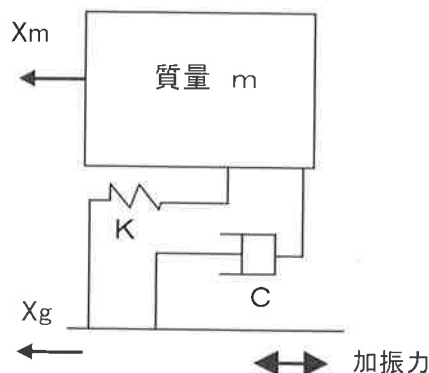


図-1 地動による振動

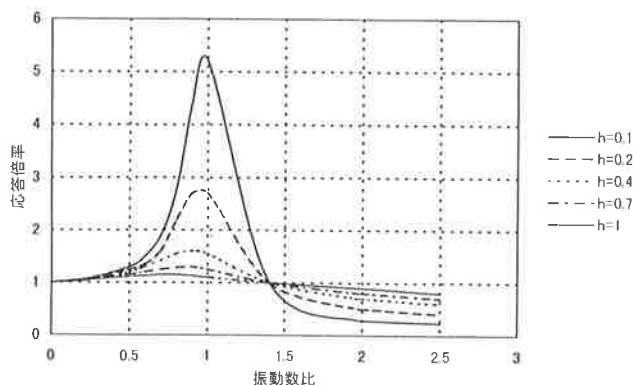


図-2 地動共振曲線

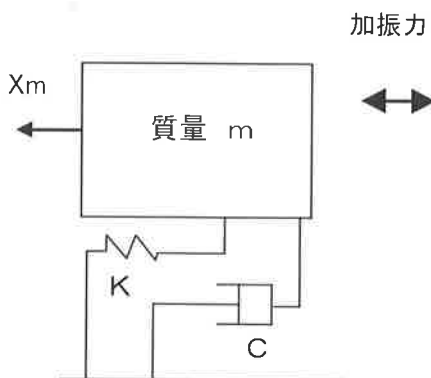


図-3 建物への強制外力による振動

悟せねばなりません。(その2)ではこの問題の解決の一手段として、風揺れと地震揺れの大きさの違いに注目して、低速で高減衰、高速で低減衰性能を持つバイリニア特性をご紹介させていただきましたが、これを効率よく制御するのがセミアクティブ制御です。

- (1) 低周波では強く(減衰定数  $h$  を大きく)、高周波では弱い(減衰定数  $h$  が小さい)ダンパ。
- (2) 強いダンパ力が欲しいモードでは強く( $h$  を大きく)、妨げになるときは可能な限り弱い( $h \approx$  ゼロ)ダンパ。

こういうダンパができれば、効果的な震動の制御が可能となります。セミアクティブ制御ではこの2つのねらいを基本とします。

### 3. 周波数依存型ダンパについて

最も簡単な制御は強弱の2段切り替えです。図-5に示すように低周波では  $h = 1$  で強く、振動数比 $\sqrt{2}$ 倍以上の高周波では  $h = 0.1$  と弱くすると、太線のように良いとこ取りの周波数応答を持った、優れたダンパができます。強弱の切り換えは通常ソレノイド弁を用います。切り換え信号は入力の加速度または速度信号を後ほど述べるフィルターを通して判断して与えます。これは適応制御(Adapting control)とも呼ばれています。自動車用のダンパー(一般にショックアブゾーバと呼ばれています)ではメカニク的な作動遅れを利用して、電気制御無しでこれに近い性能を出しているものもあります。

### 4. スカイフックダンパ制御について

理想的なダンパ力を与える最も基本的な考え方がスカイフックダンパ制御と呼ばれている制御則です。モデルを図-6に示します。地動にしる直接建物に風等の外力を受けるにしる、絶対空間にダンパの片側を引っ掛けて減衰をさせると非常に良い振動の抑制ができます。

しかしながらこの仮想ダンパの実現は不可能なので、代わりに地面との間に置き換え配置した減衰力可変のセミアクティブダンパにこの相当する力を与えます。建物の絶対速度は建物に付けた加速度計にて加速度を検出して、これを積分して求めます。

即ち、

ダンパの制御力  $F = C \cdot \dot{X}_m$  とします。

( $X_m$ : 建物の絶対速度)

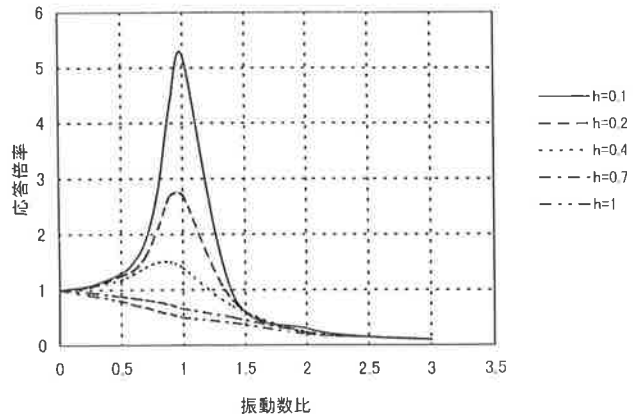


図-4 強制外力共振曲線

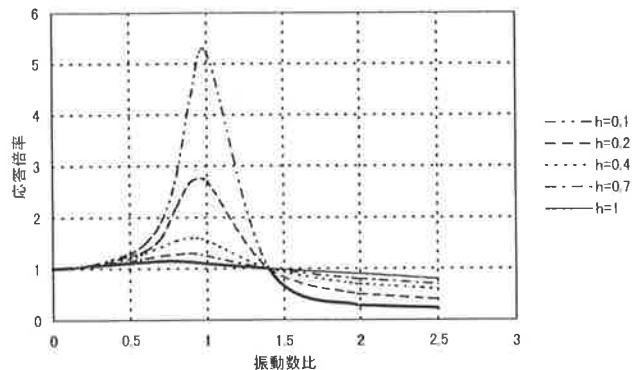


図-5 地動共振曲線(振動数比 $\sqrt{2}$ で  $h = 1$  と  $0.1$  を切り換え)

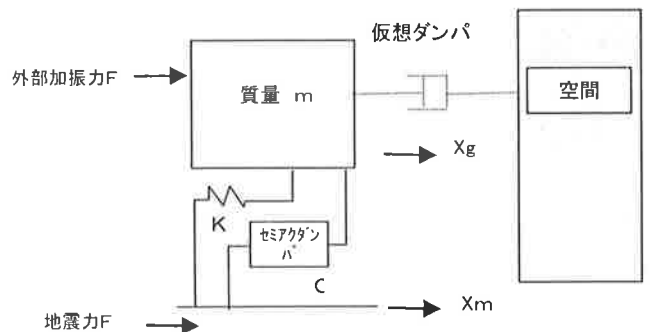


図-6 スカイフックダンパ制御の概念

### 5. カルノップ制御理論について

図-6に示す仮想ダンパには負の減衰係数がありますが、セミアクティブダンパでは負の減衰係数がありません。求められる制御力がダンパの減衰力と同方向の時はダンパ力を発揮しますが、制御力とダンパ力が逆方向の時には、ダンパは積極的に自ら伸びたり縮んだりできません。セミアクティブではその時、アンロードさせてダンパの減衰力をゼロに近づけます。

ちなみにフルアクティブ制御ではアクチュエータに外部よりエネルギーを供給する事により、負の減衰力の発生が可能です。式で表すと次のようになります。

$F = C \cdot \dot{X}_m$  の式に於いてダンパの減衰係数を  $C_d$ 、地

面変位を  $X_g$ 、建物変位を  $X_m$  とすると

$\dot{X}_g - \dot{X}_m \geq 0$  の時

$$F \geq 0 \text{ ならば } C d = F / (\dot{X}_g - \dot{X}_m)$$

$$F < 0 \text{ ならば } C d = 0 \text{ (アンロード)}$$

$\dot{X}_g - \dot{X}_m < 0$  の時

$$F < 0 \text{ ならば } C d = F / (\dot{X}_g - \dot{X}_m)$$

$$F \geq 0 \text{ ならば } C d = 0 \text{ (アンロード)}$$

この方法をカルノップ制御理論と呼びます。ここでダンパの減衰係数の強さと方向を求めるに当たって地面と建物の相対速度が必要となりますが、地面と建物の加速度の差を積分するか、ダンパ変位を微分して求めます。図-7に必要なスカイフック制御力とダンパ減衰力との関係を実験で確認した例を示します。

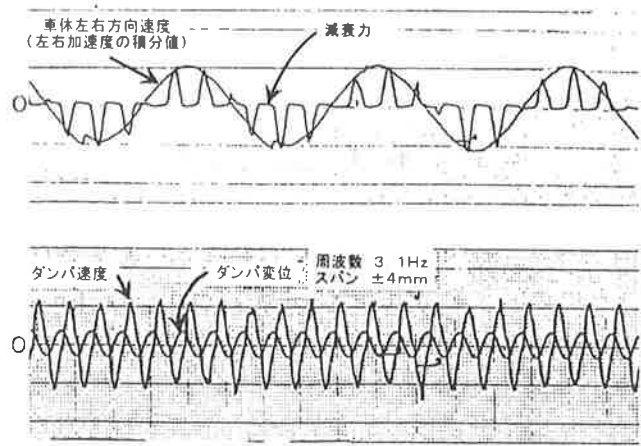


図-7 ベンチ試験結果例

## 6. フルアクティブ制御とセミアクティブ制御

「semi」とは「半分だけ」という意味です。日常的にも「セミ\*\*\*」とよく使われる言葉です。前項で示したように「フルアクティブ」の半分のモードでフルアクティブと同様の制御が行われます。フルアクティブ制御は

- ①全モードにわたり効率的な制御ができる。
- ②リニアリティが強いため、種々の制御手法導入が容易といった長所を持ちますが、反面
  - ①誤動作時、発振時のフェイルセーフの問題。
  - ②動力源確保の問題。
  - ③配管や大電力の配線の問題。

があります。よって、建築関係では風や小地震対策に用いる動吸振機：アクティブマスダンパ（AMD、HMD）や防振・除振等大動力源を必要としない分野に用いられています。大体100g a 1以下での使用が目安となっています。

これに対し、セミアクティブは

- ①自らは動力源を持たないため、いかなる場合でも安

定。いわゆるロバスト性（頑健性）の高い、不確かさや特性の変動に強い制御が可能になる。

- ②故障時パッシブダンパへの切り換えが容易。
  - ③外部からの動力源が不要。
  - ④コンパクト。
  - ⑤減衰係数を上げることでアクティブのゲインを上げたのと同様の効果が得られ、アクティブに迫る振動制御が可能。
- といった長所を持ちます。

## 7. フィルタリングと補償

制御則を作る上でのキーポイントはフィルタリングと各要素の遅れの補償です。これらをまとめて図-8に示します。

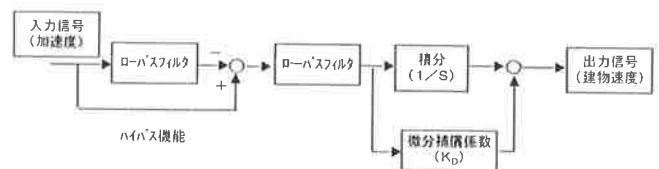


図-8 フィルタと補償回路

### (1) ローカットフィルタ (=ハイパスフィルタ)

これは定められた周波数以下の信号をカットオフするものです。カットする対象としては信号センサのゼロドリフト要素、制御無用の低周波などです。

### (2) ハイカットフィルタ (=ローパスフィルタ)

これは定められた周波数以上の信号をカットオフするものです。カットする対象としては信号センサラインから乗ってくるノイズ要素、制御不能の高周波などです。

フィルタはソフトでもハードでも作れます。またDSPと呼ばれる専用のプロセッサを用いる場合もあります。ただ自分としてはコストパフォーマンスを考え、FIR、IIRといったソフトフィルタをお奨めします。特にIIRバターワース型IIRフィルタは

- ①少ない次数で表現可能
- ②ソフトが容易
- ③全域通過回路の実現が可能

IIR型の特徴

- ④群遅延歪が低く抑えられる—バターワース型の特長

といった特性を持ちます。基本式は次のようになります。

微分伝達要素を  $S$ 、カットオフ周波数を  $1/T_1 \text{ Hz}$  とすると

2次バターワース・ローパスフィルタ

$$1 / (1 + \sqrt{2} T_1 S + T_1^2 S^2)$$

3次バターワース・ローパスフィルタ

$$1 / (1 + 2 T_1 S + 2 T_1^2 S^2 + T_1^3 S^3)$$

ハイパスフィルタは図-8に示されるように、ローパスフィルタを通して抽出した低周波成分を原入力より減算すればできます。表-1に実験で求めた0.3~10Hzをバンドパスさせるフィルタの2次と3次の性能比較を示します。フィルタカットさせた後の20Hzのカットオフ特性は-14dBと-19dBと3次の方が優れていますが、10Hz時の位相遅れは87°と127°と2次の方が優れています。トータル的に考えると2次の方が適していると言えます。

表-1 フィルタのシュミレーション比較

方式	フィルタ次数	ハイパス周波数	ローパス周波数	10Hz時位相遅れ	20Hz時ゲイン
IIIRバターワース (0.3~10Hz)	2次	0.3Hz	10Hz	87°	-14dB
IIIRバターワース (0.3~10Hz)	3次	0.3Hz	10Hz	127°	-19dB

### (3) 補償回路

振動制御回路はフィードバック制御のため、出てきた結果を基に制御せざるを得ず、①信号入力のサンプリング遅れ、②フィルタリングの遅れ、③演算の遅れ、④バルブや油圧回路のメカニズムの遅れを覚悟せねばなりません。

これらをそのままにしますと、制御のタイミングが狂い、却って悪い結果が出てしまいます。位相遅れの許容値は一般的に90°までです。これを補うのが補償回路です。具体的には遅れ分だけ位相を進ませます。位相は微分要素を通過すると90°進むのでこの何パーセントかを制御信号要素に加えます。各要素の遅れは比較的明確になっているため、容易に設計できます。スカイフック制御では加速度を積分して速度を求めています。この時速度成分に加速度成分の何パーセントかを加えることにより同様な効果が得られます。

## 8. 制御則

今まで説明してきたのはPID制御（Pは比例、Iは積分、Dは微分の意）と言う最も基本的な制御です。自動車や鉄道の振動制御ではPID制御が基本です。高度な制御はあまり実用化されていません。実験段階に留まっています。制御が重くなるとBIT数の多いCPUが必要になります。CPU自体のコストはもとより、周辺要素のコストがかなり問題になってきます。また演算のサイクルタイムが長くなり制御効果が薄れます。よって、軽い制御+効果的なアイデアに満ちあふれたものが実用化に成功しています。これをアドバンストPID制御と呼ぶ技術者もいます。

これに対し建築構造物の制御ではかなり高度な制御も実用化される可能性があります。①1建築物の振動

制御が1台のコンピュータで可能②コンピュータの定置化が可能と言った理由が挙げられます。応用的な制御としては現代制御手法を用いた、最適レギュレータ制御（全ての状態変数を制御に取り入れ、与えられた評価関数を最小化するようなフィードバック制御方法）や観測できない変数をオブザーバという状態観測器で推定する制御方法などが有名です。

## 9. 油圧回路

油圧減衰力を可変構造とするには大きく次の2つの方法が実用化されています。

### (1) 減衰係数を切り換える方法

図-9に高速切換弁の回路例を示します。高速切換弁がオフの時は油がオリフィスと呼ばれる小さい孔を通過するため高減衰、オンすると回路がバイパスして低減衰となります。図-9の回路の場合は切換弁が直列に2個あるため、 $2^2=4$ 通りの減衰力切り換えが可能です。また高速で切換えることにより連続可変に近似したセミアクティブ制御が可能となります。この原理は平成9年11月に東京乗り入れした500系新幹線のセミアクティブ制御に用いられています。去る3月に営業を開始した700系新幹線ではオリフィスが並列に並んでいます。

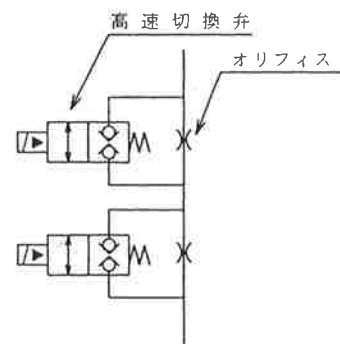


図-9 高速切換弁回路例

自動車では図-10に示すようなショックアブゾーバのピストンロッドをくり抜き内側にロータリバルブを内接させ、このバルブをステップモータで回転させることにより油の通過するオリフィス面積を変化させる構造が良く使われています。またリアアモータカーのセミアクティブ制御では超音波モータを用いたこともあります。

### (2) 制御力を直に発生させる方式

これは可変リリーフ弁を用いて圧力Pを制御し、  
 制御力  $F = P \cdot A$   
 (A:ダンパピストンの受圧面積)  
 よりダンパ制御力を発生させます。

但し、いずれの場合でも、カルノップの理論に基づくアンロードのための切り換えバルブは必要になります。また建築物の免震に用いる場合にはビルレベルとなると、50 t ~ 200 t の大型ダンパが必要となり、パイロット弁でメインの大型バルブを制御するいわゆる親子バルブが必要となります。

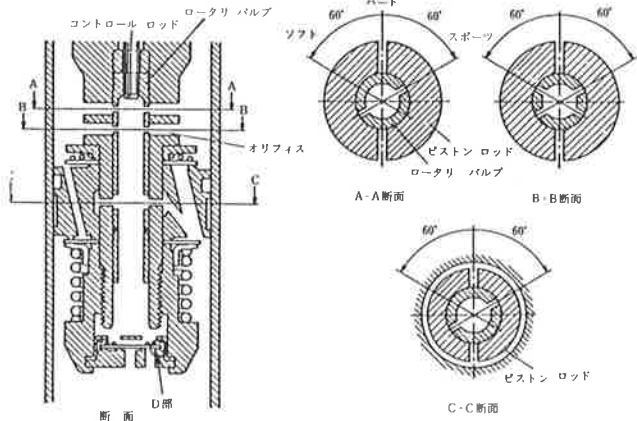


図-10 ロータリバルブ例

10. 効果解析例

図-6 のモデルで地震入力と建物の応答例を計算してみます。

建物重量  $W_m = 200 \text{ ton}$

1次周期  $T = 3.3 \text{ 秒}$

免震装置のバネ常数  $K = 7250 \text{ kgf/cm}$

自然減衰係数  $C_h = 154 \text{ kgf/cm/sec}$  ( $h = 2$ )

パッシブダンパ減衰係数  $C = 2300 \text{ kgf/cm/sec}$

とします。また制御則として最適制御理論を用いてみます。

ダンパの制御力を  $u$  とすると、運動方程式は次のようになります。

$$W_e/g \cdot \ddot{X}_m = K(X_g - X_m) + C_h(\dot{X}_g - \dot{X}_m) + u$$

これより、状態方程式と出力方程式を求めます。

状態方程式は  $\dot{X} = A X + B u + D X_g$  の形で表すと

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_h \\ \ddot{X}_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-gKh}{W_h} & \frac{-gCh}{W_h} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_h \\ \dot{X}_h \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{g}{W_h} \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{gKh}{W_h} & \frac{gCh}{W_h} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_g \\ \dot{X}_g \end{bmatrix}$$

となります。

出力方程式は  $Y = C X$

$$[X_h] = [0 \quad 1] \begin{bmatrix} X_h \\ \dot{X}_h \end{bmatrix}$$

最適制御入力はフィードバック係数ベクトルを  $KR$  とすると、

$$u_0 = -KR \cdot X \text{ とおけます。}$$

また現代制御理論では、与えられた評価関数を最小化するようなフィードバック制御要素を最適レギュレータと呼びますが、状態方程式、出力方程式で示されたシステムは制御可能また観測可能ですので状態のフィードバックにより最適な特性を得られることになります。

評価関数は

$$J = \int_0^{\infty} (X^T Q X + \epsilon u_0^2) dt \text{ とおけます。}$$

ここで、 $J$  を最小にする最適入力  $u_0$  は  $KR$  により決定しますが、 $KR$  はリカッチの方程式

$$A^T P + P A + Q - P B R^{-1} B^T P = 0$$

を解いて唯一な正定値解である  $P$  を求め、

$$KR = R^{-1} B^T P$$

より求めたものです。

本シミュレーションではスカイフック理論を重視し、 $X_h$  を評価して

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} X_h \\ \dot{X}_h \end{bmatrix}$$

としました。

入力を 100 gal とし、これを解いた結果を図-11に示します。セミアクティブでも大きな振動低減効果をあげられる事が判ります。

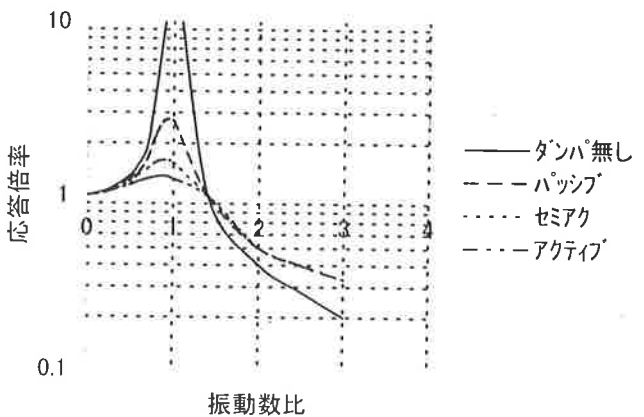
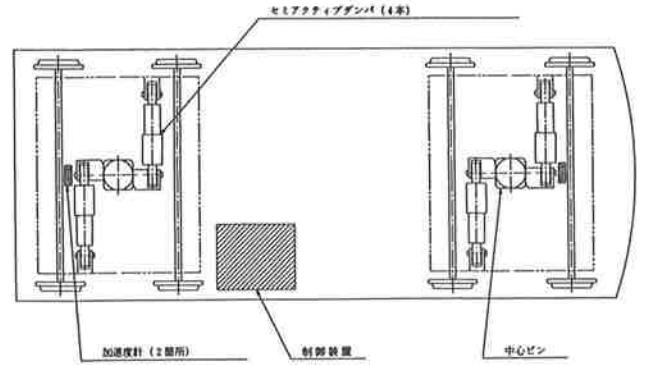


図-11 各種制御の比較

### 11. 鉄道での効果例

図-12に新幹線のセミアクティブの制御構成例を示します。加速度計で検知した車体の横振動を積分して得られた振動速度より最適減衰力を算出し、切換弁を高速で切り換え、減衰係数を刻々と変化させ、最適制御力を得ています。図-13に新幹線向けセミアクティブダンパ本体と搭載されるコントローラ、加速度計の写真を示します。図-14に示すように、制御により、横方向の振動を従来のダンパに比べ最大40%低減し、乗客に快適な乗り心地を提供しています。



### 12. セミアクティブ制御の実用化について

セミアクティブ制御はアクティブに比べれば低コストですが、パッシブダンパに比べればまだまだ高価です。これをいつ来るか判らない地震への制震のためだけに備えておくのはもったいものです。

よって

- ①最適制御理論や、ファジー制御理論等を利用して、変位制御にも大きな重みを付け、免震の欠点である周囲の余分空間を極力抑えることにより、建物敷地の効率を上げる。
- ②風揺れや交通振動への対策、即ち居住性の確保などの付加価値を付けることが実用化を進める上で、業界に受けられる上で、重要と考えます。

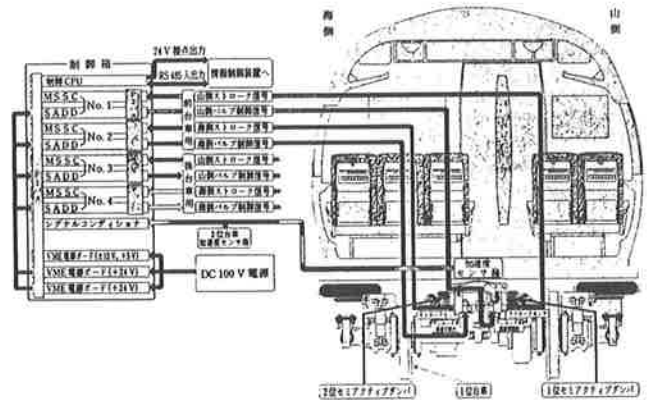


図-12 新幹線のセミアクティブ

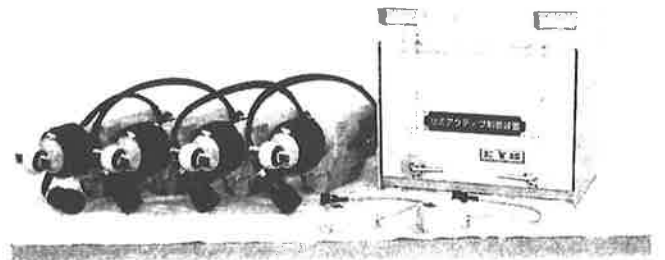


図-13 500系新幹線セミアクティブ制御システム

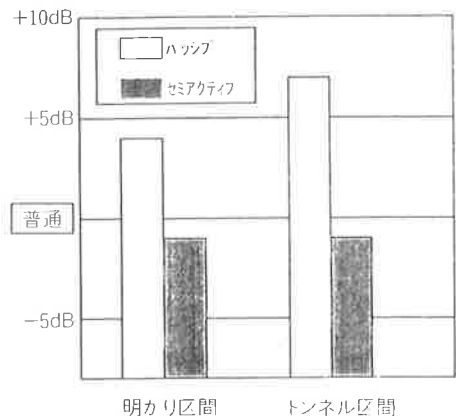


図-14 乗り心地向上の効果例



# 積層ゴム用耐火被覆

ニチアス 横山 隆太郎



同 清水 玄宏



## 1. はじめに

地震力に対する建物の設計は「耐震」設計法が主流である。これに対して、地震力を抑制または制御し、エネルギーが建物に伝搬しないようにする「免震」「制振」設計が導入され、近年多くの実用事例が見られる。

免震建築物は、その基礎に免震装置を設置する基礎免震と中間階に設置する中間層免震があり、両者を比較すると前者は耐火性能が要求されず、後者は耐火性能が要求されるという点が挙げられる。

免震建築物の耐火性能に関しては日本建築センターの防災評定が必要であるが、耐火性能を有するためには免震層を耐火壁等で防火区画し区画形成する方法と、免震部材自体を耐火被覆材にて被覆する方法がある。後者の場合、免震層の有効利用が可能となる利点も生まれ、駐車場、トランクルーム等に利用されている例もある。レトロフィット工事でも同様に考え、免震層の有効利用が計られている。尚、最下階床位置より上部に免震層を設ける場合に耐火被覆が必要となること「建築改修工事監理指針平成10年度版(8.23.1)」に掲載されている。

以下に、免震部材の耐火被覆材について記載する。

## 2. 耐火被覆材の仕様について

現在、積層ゴムの耐火被覆材には大きく分けて、以下の3タイプがある。いずれの場合も積層ゴムの地震時の変形に対して追従ができ、火災後は積層ゴムの性能に変化が生じないような仕様になっている。

### 2.1 袋(提灯)型耐火被覆材

このタイプは耐火材として主にセラミックファイバーのブランケットを用い、積層ゴムの変位に十分追従できる様な長さを設定し、それを袋状に加工、設置したもの(図-1)である。

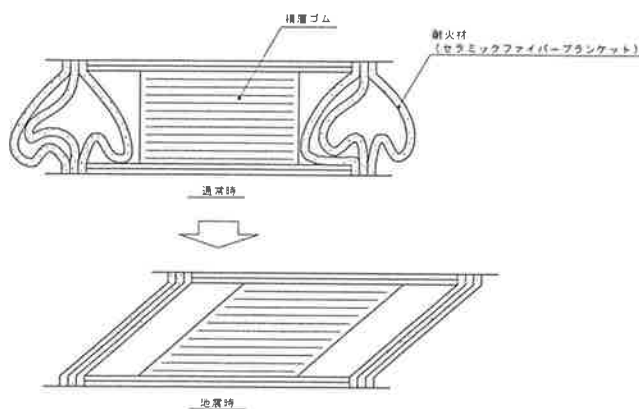


図-1

### 2.2 多段スライド型耐火被覆材

このタイプは耐火材を細かく縦方向に分割しており、積層ゴムの変形に対して分割層がスライドし追従する構造(図-2)になっている。耐火材としてはセラミックファイバーのハードボードやけいカル板とグラスウールの複合材等が使用されている。

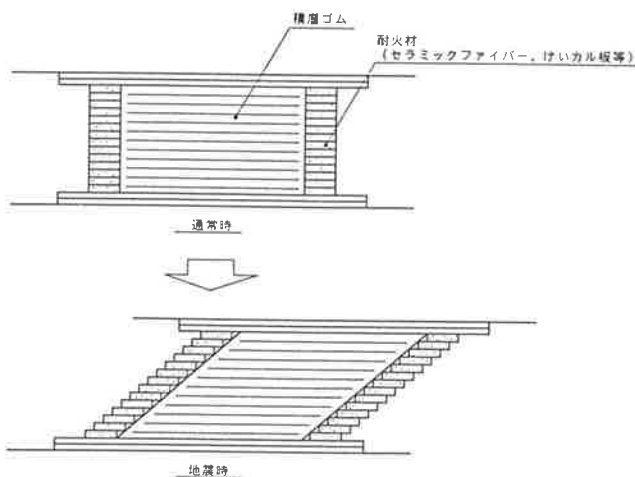


図-2

### 2.3 分割摺動型耐火被覆材

このタイプは耐火材を上下に2分割し、上下耐火材を摺動させ積層ゴムの変位に追従する構造(図-3)である。耐火材にはセラミックファイバーのハード

ボードやけいカル板、ALC、PC板等が使用されている。

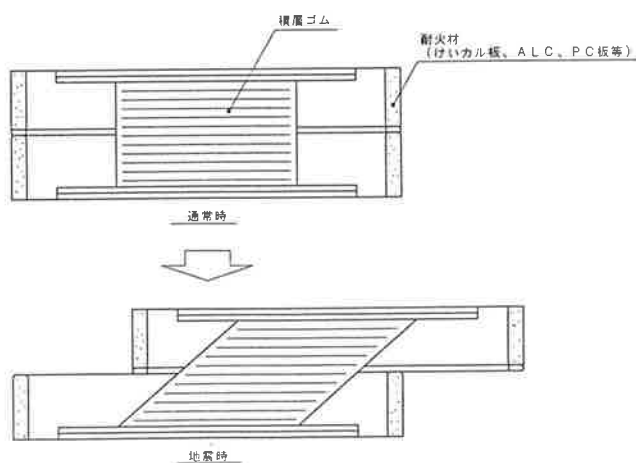


図-3

### 3. 耐火被覆材の性能試験

耐火性能試験および変形追従性能試験について、分割摺動型耐火被覆材を例にとり以下に述べる。

#### 3.1 試験体

試験体には、けい酸カルシウム板(50mm)の表裏面にガルバリウム鋼板を施したサンドイッチ構造の耐火パネル(写真-1)を使用した。積層ゴムの変形に追従できるように上下方向に分割されており、目地部(図-4)には圧縮復元性を有しているセラミックファイバースランケット、また変形に支障をきたさないようPTFEシートを配している。また固定方法は専用固定ボルトにより機械的に固定している。



写真-1

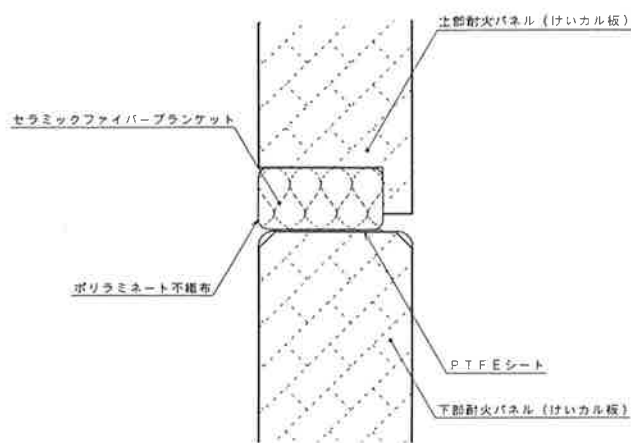


図-4

#### 3.2 耐火試験

積層ゴムの耐火被覆材の耐火性能については、現在までに試験方法や判断基準が規格化されてはいない。その中で耐火被覆材の性能として、以下の様な判断基準を設定し試験した。

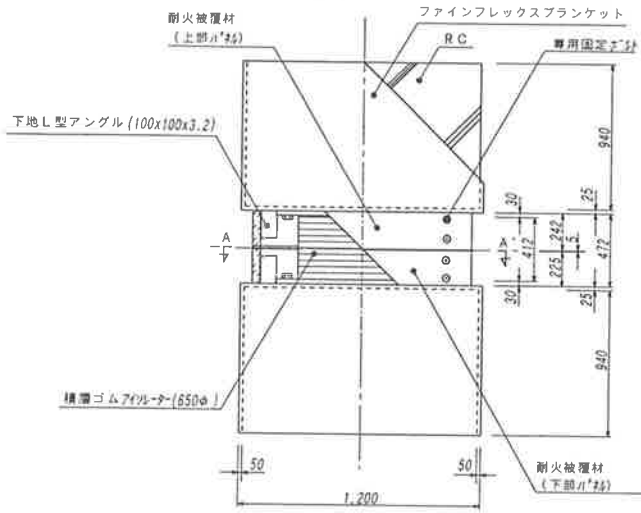
- ①積層ゴムの表面温度が、100℃以下であること。
- ②耐火試験前後において積層ゴムの履歴特性に変化が生じないこと。

ここで①に関し100℃以下という数字は、積層ゴムの強度劣化が約100℃から開始するとの報告が建築研究所よりなされているため、基準として使用した。なお積層ゴムに被覆ゴムがある場合、被覆ゴムの環境劣化を防ぐためであり積層ゴムの性能とは特に関係がないので、被覆ゴム直下(表面より10mm深)位置での温度を基準とした。

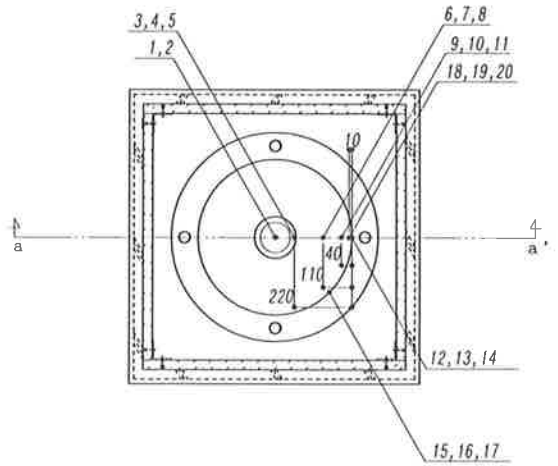
耐火試験は昭和44年建設省告示第2999号に規定される標準加熱曲線に沿う様に設定し、165トン(60.0kgf/cm<sup>2</sup>)の载荷荷重をかけ3時間加熱した。図-5に試験体概要、図-6に温度測定位置、また写真-2に試験前の状況をしめす。積層ゴムには600φのLRBを使用し、それをコンクリートブロックに挟み込み試験体とした。なおコンクリートブロックは、爆裂防止のためセラミックファイバースランケットにて被覆した。

積層ゴムの履歴特性については、耐火試験に使用した積層ゴムにて試験前後の履歴特性を確認し比較することとした。履歴特性は300トン2軸試験機を使用し、水平変位を±100mmとして確認した。

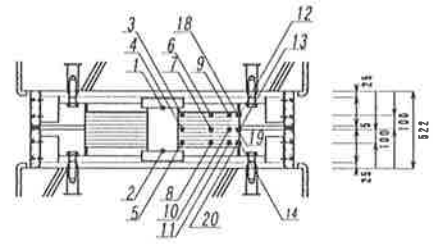
メンシガードS試験体図



試験体熱電対位置



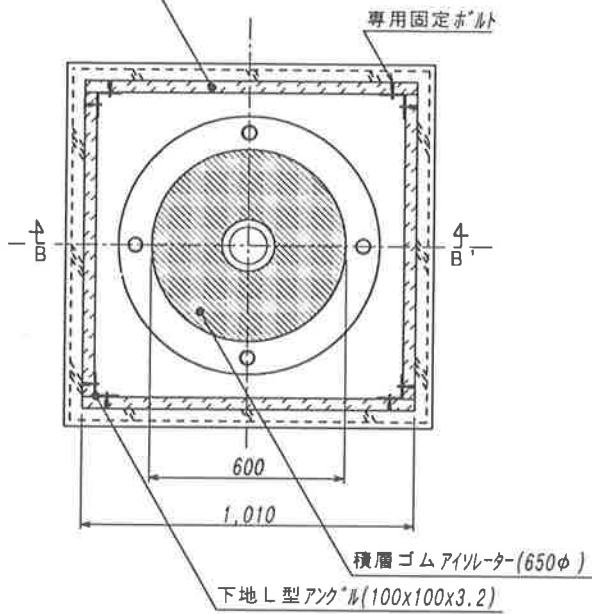
水平断面図



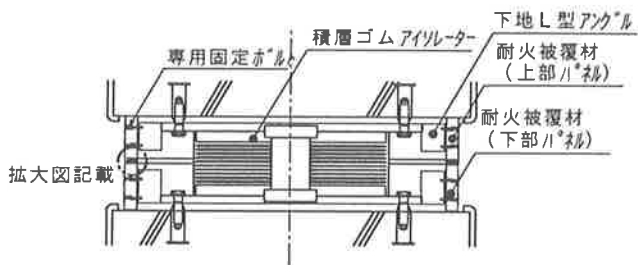
a-a' 断面図

図-6

耐火被覆材 (厚み50)



A-A' 断面図



B-B' 断面図

図-5



写真-2

図-7に各測定位置での温度結果（平均値）を、写真-3に試験後の状況をしめす。また耐火試験前後における積層ゴムの履歴特性曲線を図-8にしめす。これらの結果から次のことが分かる。

- ・耐火3時間経過時で、被覆ゴム（積層ゴム）表面温度は約100℃、被覆ゴム直下では約60℃であった。
- ・鉛プラグの測定温度が比較的高いが、これはフランジプレートからのヒートブリッジによる影響と思われる。これはゴムの内部温度に差が見られていないことから明らかである。
- ・ゴム内部温度は耐火試験終了後も上昇しつづけているが、これはゴムの熱容量が大きく熱伝導率が小さいためである。
- ・耐火試験前後においても積層ゴムの履歴特性には変化は見られなかった。

### 3.3 変位追従性能について

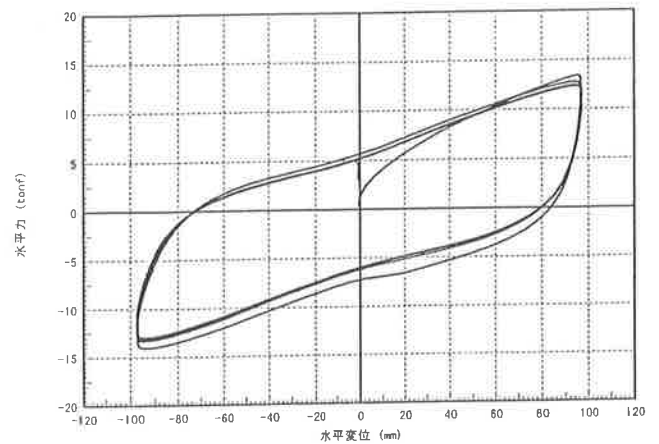
耐火被覆材の変位追従性については、以下の判断基準を設定し試験した。

- ①積層ゴムの変形に障害を与えないこと（履歴特性に変化をあたえないこと）。
- ②レベル2地震時の変形を与えた後も、耐火被覆材に損傷がなく目地部にも問題の無いこと。

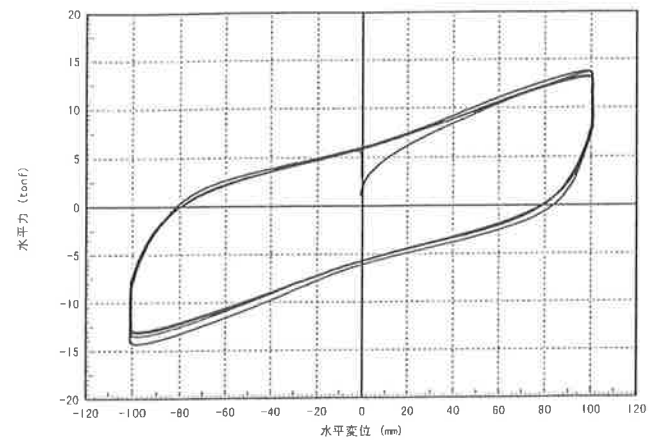
積層ゴムにはφ600のLRBを使用し、試験装置には300トン2軸試験機を使用し試験している。水平変位を±100mm、±200mm、±300mmとし、加振速度を1.5cm/sec、加振波数を4波与え確認した。



写真-3



耐火前履歴曲線(水平)



耐火後履歴曲線(水平)

図-8

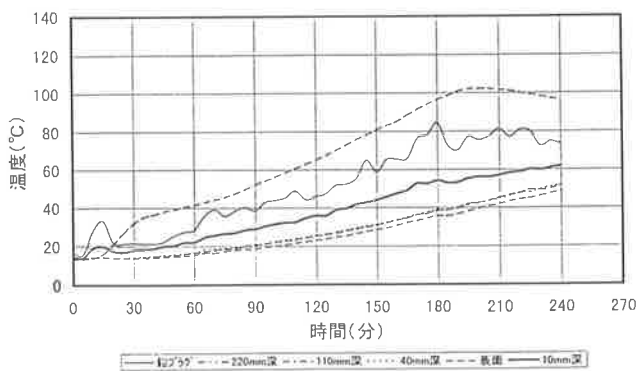


図-7

耐火材の変形追従性試験様子を写真-4に示す。水平変位400mmにおける積層の変形に対して問題無く追従し、元の位置に戻ることを確認した。耐火被覆材を取り付けた状態での積層ゴムの履歴特性を図-9に示す。耐火被覆材が取り付けられていても、積層ゴムの履歴特性には問題となるような所が見受けられなかった。また参考に表-1に積層ゴムの特性値の比較を示す。これは耐火試験体での特性値と比較しているが、耐火被覆材の設置により特性が変化していないことを確認した。

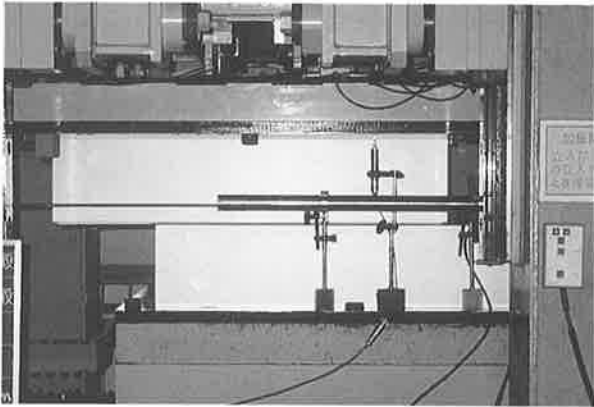
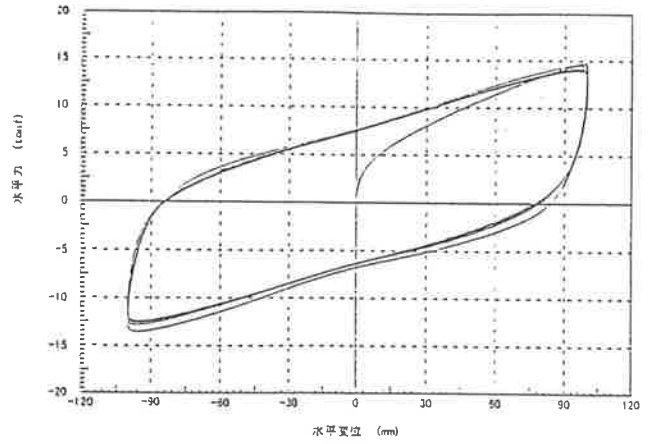


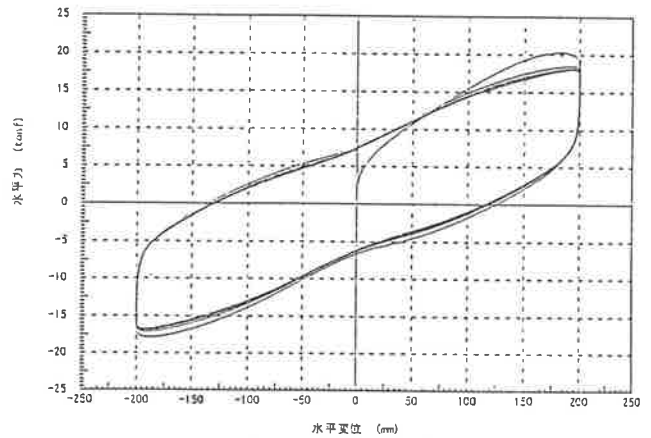
写真-4

表-1  
特性値の比較 ( $\delta = \pm 100\text{mm}$ )

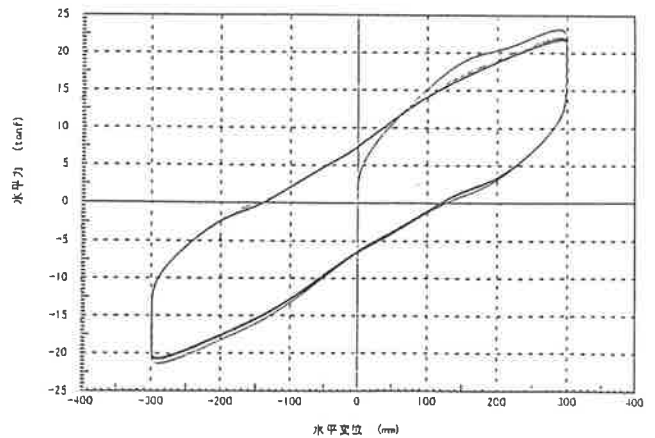
試験体	降伏後剛性 (kgf/cm)	降伏荷重 (tonf)
耐火前	664	6.94
耐火後	657	6.99
変形追従	668	6.93



水平力-水平変位曲線 ( $\pm 100\text{mm}$ )



水平力-水平変位曲線 ( $\pm 200\text{mm}$ )



水平力-水平変位曲線 ( $\pm 300\text{mm}$ )

図-9

#### 4. その他設計上のポイント

##### 4.1 積層ゴムの点検維持機能

積層ゴムは点検維持が義務付けられており、また地震時において予想外のダメージを受けても交換が可能な様に耐火被覆材の取り外しは容易でなくてはならない。耐火被覆材の取り外し方法は各タイプの被覆材により異なる。耐火試験で用いた耐火材は専用固定ボルトを外すことで耐火パネルを容易に取り外しできる機構（写真-5）となっている。



写真-5

##### 4.2 意匠性および積層ゴムの保護機能

中間免震層の場合、前述した通り免震層を駐車場などに利用する事が多い。そのため、耐火被覆には意匠性および積層ゴムの保護機能を考慮しなくてはならない。写真-6に耐火被覆の耐衝撃試験の様子を示す。



写真-6

衝撃試験は重さ30kgの砂袋を高さ400mmの位置から鉛直落下（12kg・m）させて行っており、建設省建築研究所の研究報告書（No.44）「材料設計に関する研究」にある衝撃力グレーディングのNo.5（小さいハンマーで打つ衝撃）に相当する。

##### 4.3 維持管理について

耐火被覆が将来にわたり確実に機能を発揮し、建物の安全性を保持できるよう維持管理を行う。点検は通常点検、定期点検、臨時点検があり基本的には積層ゴムの点検に合わせて実施することが好ましい。

#### 5. 実施例

実施例として、積層ゴムアイソレーターのほか滑り型アイソレーターへの応用例及び丸型タイプの実施例を紹介する。

##### 5.1 積層ゴムアイソレーター実施例

分割摺動型で本レポート（写真-7）の実施例。



写真-7

##### 5.2 滑り型アイソレーター実施例

分割型の応用タイプで上部パネルのみとなっており、上部パネルの下部にある目地部と躯体で摺動する。仕上げは柱、壁と同一の塗料を施している。アイソレーターはFPSでレトロフィット（写真-8）の事例。

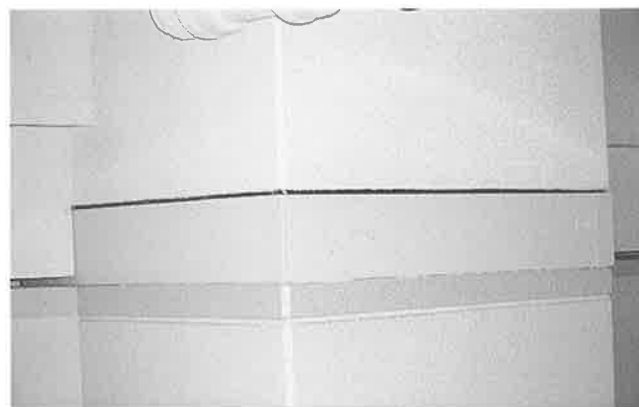


写真-8

### 5.3 丸型タイプ実施例

分割摺動型の丸型タイプ。耐火被覆材はセラミックファイバーのハードボードを使用しており表面に鋼板はない。1ヶ所に点検口が付いていて、耐火被覆材を回転させながら積層ゴムを点検できる。耐火材は防水タイプであり、一部は半屋外に使用している。また柱部分と同一の塗装で仕上げている。中間階免震のレトロフィット（写真-9）の事例。



写真-9

（参考文献）

- ・『施工』4月号 1998 No.390
- ・『建築技術』1998.10
- ・『免震構造入門』日本免震構造協会編

## 九州大学医学部付属病院(病棟・診療棟新営工事現場)

免震建物工事現場見学会・講習会報告

教育普及小委員会

1999年4月9日(金)九州地区で初めての免震建物工事現場見学会及び併設講習会が建設工事共同体他関係者の多大な御協力を得て実施されました。

今回は当協会と(社)福岡県建築士事務所協会福岡支部、(社)福岡県建築士会福岡支部の共催で行われ、当初150名を越える申込みがありましたが、講演会場の都合によりやむおえず80名に絞り実施させていただきました。

## 《講習会》

当日はあいにく小雨が降り続く一日でしたが会場の吉塚合同庁舎502号会議室に、ほぼ全員が集合。さらに大学、共同企業体の方の聴講もあり、100名に近い盛況な講習会となりました。主催者側および工事関係者側挨拶の後、当協会第2種正会員の同大学松田助教授の基調講演「免震構造の歴史と原理」に始まり、約2時間30分の講演会が下記予定で滞りなく行われました。

## 講習会プログラム

- 13:10 主催者側挨拶  
 ・(社)福岡県建築士事務所協会福岡支部  
 ・(社)福岡県建築士会福岡支部  
 ・日本免震構造協会
- 13:20 工事関係者側挨拶  
 ・九州大学施設部  
 ・竹中・大林  
 ・九州特定建設工事共同企業体
- 13:30 基調講演：免震構造の歴史と原理  
 (九州大学松田助教授)
- 14:10 免震構造の一般知識  
 (日本免震構造協会教育普及小委員会委員)
- 14:40 設計概要  
 (教育施設研究所福岡事務所 高木豊)
- 15:15 施工概要  
 (竹中・大林・九州特定建設工事共同企業体)
- 15:35 質疑応答

## 《見学会》

講習会終了後、参加者を3班に分け、企業体の方の誘導で15分程離れた見学現場を訪問、1時間程度の見学会が実施されました。

## ■工事概要

- ・工事名称 九州大学医学部付属病院・診療棟新営工事(5期)
- ・工事場所 福岡県東区馬出3丁目1番1号(九州大学構内)
- ・建築主 九州大学
- ・設計 九州大学施設部  
株式会社 教育施設研究所
- ・監理 九州大学施設部
- ・施工 株式会社 竹中工務店 } 特定建設工事共同体  
株式会社 大林組 }  
九州建設 株式会社 }
- ・敷地面積 312,577㎡
- ・建物概要 SRC.RC.S造、地下1階地上12階、塔屋1階  
最高高さGL+56.00m・建築面積  
6,298.30㎡・延床面積53,500㎡
- ・外部仕上 屋根…アスファルト防水、押えコンクリート  
外壁…タイル打込PCa版貼り  
アルミサッシュカーテンウォール  
石貼り  
コンクリート打放し 複層仕上  
塗材吹付
- ・工期着工 1998年3月23日  
竣工 2001年10月予定
- ・用途 病院
- ・地域・地区 1種住居地域(容積率200%、建ぺい率60%)準防火地域
- ・免震部材 天然ゴム系積層ゴム(800φ~1200φ)  
116基  
鋼棒ダンパー66基、鉛ダンパー48基

免震構造にあまりなじみがない参加者の方々にも有益な情報を提供する講習会であったと感じています。



当日の現場の状況は積層ゴム、ダンパーの免震部材の取り付けが継続中で、さらに一部工区では上部架構の立ち上げ中と参加者が免震建物の施工について十分に理解できる状況にあったと感じています。小雨の降り続く状況で、13:00~17:00の間で講演会及び見学会を実施するという過密スケジュールで行われましたが、企業体他関係者の多大な協力も得て参加各位にとっては有意義な半日であったと感じています。

今後とも、免震建物にあまりなじみのない地方で、講演会を兼ねた見学会を積極的に行っていくことが免震構造の普及に関する当協会の重要な役割の1つと考えております。

(西川一郎)



写真-1 (講習会風景)



写真-2 (見学会風景)



写真-3 (見学会風景)

# 東京都豊島区役所本庁舎耐震補強工事(免震レトロフィット工事)

出版委員会

6月3日、協会主催の東京都豊島区役所本庁舎耐震補強工事の見学会が2回に分けて行われ、延べ98人の会員が参加され、免震レトロフィットに対する関心の高さを感じさせられました。

現場の見学に先立ち、隣接する豊島公会堂の会議室において、本協会企画委員会の中山委員長、豊島区役所建築部営繕課の山屋課長の挨拶に続き、大成建設の耐震推進部の杉崎副部長から、工事の概要についてお話を伺いました。

この建物は、1961年の竣工で、地下1階、地上4階建、延べ2948㎡の鉄筋コンクリート造の建物です。耐震補強が必要となり、以下の理由により、免震レトロフィット工事が選択されたとのことでした。

- ・工事範囲を限定することで住民サービスに大きな影響を与えることなく「居ながら施工」が可能
- ・大地震後にも庁舎としての機能維持が可能
- ・建物内部の補強がないので執務空間の有効スペースは減らない

補強工事は大成建設の設計施工で、'97年7月に着工し、現在は建物内部の工事は後半に入り、メインの免震化の工事となり免震部材の設置も始まりました。竣工は2000年6月の予定です。

免震装置は、弾性すべり支承・積層ゴム支承を組み合わせたハイブリッドTASS構法と呼ばれるもので、すべり現象を組み込むことで、より長周期化を可能にし、すべり摩擦によるエネルギー吸収効果でより効率的な減衰性能を実現できるということです。積層ゴム支承は59台、弾性すべり支承は37台が使われます。

説明の後、免震化工事が行われている地下部分へと降りて行きました。地下は、土間床を解体して掘削が進められ、写真-2のようにフーチングや既存の杭が掘り出された状態が見られました。ここに新設のフーチング基礎が作られた後、写真-3のように免震部材が設置されます。

見学後、会議室に戻り、質疑が行われ、散会となりました。

インターネットでも工事の様子が紹介されていますので、見学に参加出来なかった方もご覧下さい。

<http://www5.tokyoweb.or.jp/toshima/main.html>

最後に、見学会にご協力頂いた豊島区役所ならびに大成建設の関係者の皆様にお礼を申し上げます。

(猿田正明)



写真-1 説明会の風景



写真-2 掘削された既存杭と圧入された鋼管杭



写真-3 設置された弾性すべり支承

# 山崎町防災コミュニティセンター

出版委員会

去る6月29日(火)に、㈱エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ主催、(社)日本免震構造協会後援で、「山崎町防災コミュニティセンター新築工事」における現場見学会が開催されました。見学会当日は大雨・洪水警報が出されるという悪天候にもかかわらず、116名もの多くの方々が参加されました。

建設場所は、兵庫県宍粟郡山崎町の中心部で、JR姫路駅から北西方向に神姫バスで約1時間ほど走った山間部に位置したところです。

建設地の近くには、確実度I、活動度B級の活断層である山崎断層系があり、活動間隔を考えると、このあたりは、近い将来、本断層系の大原断層—土方断層—安富断層を震源とするマグニチュード7.0以上の直下型地震発生の可能性があると指摘されているところだそうです。

見学者は、まずはじめに、建設現場近くの「サンホールやまさき(山崎文化会館)」の大ホールに集合し、見学に先立って、主催者の方々より約30分間の事前説明を聞きました。(写真-1)

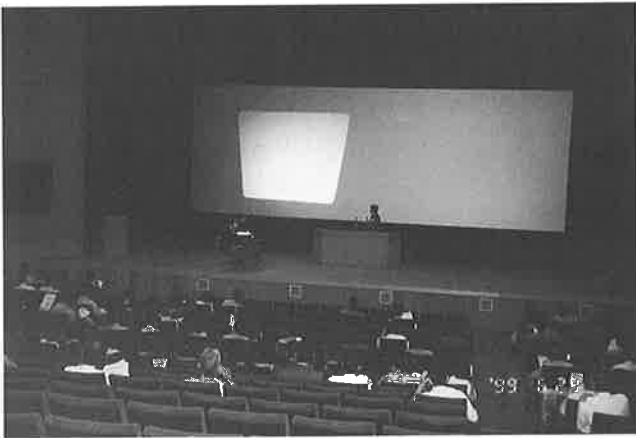


写真-1 事前説明状況

本建物は、平常時には、防災をテーマとした学習・研修の場及びコミュニティセンターとして、山崎町民の方々に活発に利用される複合施設を目指し、更に災害時には、「役場庁舎機能の代替機能」としての役割を果たす山崎町の防災拠点として使用するため、円滑な防災拠点機能への移行が計れるような建物を目指して計画されたそうです。(図-1)

従って、大地震に対する十分な安全性を確保するとともに、地震直後から建物の継続的使用を可能とする必要があったため、本物件では免震構造を採用したそうです。

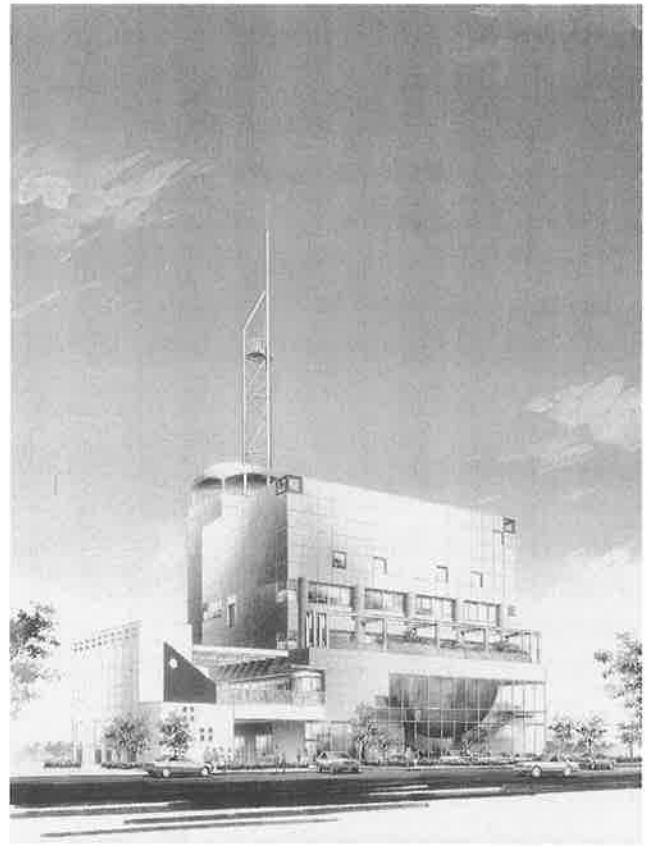


図-1 完成予想図

本建物の耐震設計目標は、耐震性能クラス「C3-A」としており、最大地表面速度100cm/sec程度の大地震動(この地震動をレベル2としたそうです)に対しても、構造体の損傷及び内部収容物の転倒・衝突等が生じないことを設計目標としたそうです。すなわち、レベル2の地震動に対しても、最大応答加速度が200cm/sec<sup>2</sup>以下、最大応答層せん断力も設計値以下となることを目指したとのこと。

免震システムには、非常に大きな直下型地震動が想定される場所であること、建物が比較的小規模であることを考慮し、免震部材として、直動転がり支承交差型免震装置(CLB)、鉛プラグ入り積層ゴム、天然ゴム系積層ゴムの3種類を併用し、建物固有周期の長期化と免震部材の大変形に対する安定性の確保を計っているそうです。

今回採用したCLBは、水平変形に伴う鉛直方向の沈み込みがないそうです。そこで、積層ゴムに作用する長期荷重の面圧は、CLBとの鉛直方向変位差を小さくするために50kgf/cm<sup>2</sup>程度に抑えているそうです。ただし、安定した水平変形量を確保するために、ゴム総厚は8mm/層×35層=280mmとしているそうです。

事前説明の後、見学者は3つの班に分かれて、現場へと移動し見学を行いました。

降りしきる激しい雨のため、免震層の床部分には、ポンプで汲み出しはしているものの、かなりの水がたまっている状態でした。そこで、現場の方々が機転をきかせて、急きょ十数足分の長靴を用意してくださり、そのおかげで、見学者は交代で長靴に履き替えることによって免震層に降りて行くことができ、予定どおりの見学を行うことができました。

当日は各免震部材を据え付けた直後であり、CLBを実際に手で動かして動きを確認することができました。「CLBは外観よりは意外と軽く動く。」という感触を受けました。

更に、免震層全体を見回した時に、構造計画段階から可能な範囲でスパンを飛ばすように計画されたのだと思いますが、免震部材の配置がゆったりしているように感じられました。また、このゆったり感は、上部建物と擁壁とのクリアランスが80cm設けられているとのことなので、外周のスペースの広さからもくるのかもしれないと思いました。(写真-2、3)

現場見学の後、事前説明が行われたホールに戻って質疑応答が行われました。

一部を紹介しますと、引き抜きにも抵抗するCLBのレール部の鋼材は、製造メーカー特有のTHK5SP(S55C材と同等以上の性能)という材質のものだそうです。また、プレストレストコンクリート造を用いて約15m飛ばしているロングスパン大梁もあるため、ロングスパン内に3つの質点を設けた立体フレームモデルを組み、上下動も考慮した検討も行っているとのことでした。

また、休憩場所となっていました1階ロビーにおいては、CLBの説明パネルや縮小模型、鉛プラグ入り積層ゴムの縮小カット模型等が展示されており、更に、簡易モデルによる耐震、制震、免震構造の揺れ方の違いを疑似的に表す小型の振動台も設置されていました。そのため、参加者の方々は、現場見学の待ち時間の間に、興味深く拝見されていました。

(写真-4)

最後になりましたが、本見学会の開催にご協力を頂きました関係者の方々に謝辞を申し上げます。



写真-2 現場説明状況



写真-3 見学会現場状況



写真-4 展示コーナー風景

◎現場見学会プログラム概要 (14:00~16:15)

1. 開会挨拶 NTTファシリティーズ 黒田 長裕
2. 挨拶 山崎町消防防災課 中橋徳四郎
3. 概要説明  
設計概要 NTTファシリティーズ 中川 靖彦  
構造概要 NTTファシリティーズ 鈴木 幹夫
4. 現場見学 3つの班に分かれて見学
5. 質疑応答
6. 閉会挨拶 NTTファシリティーズ 梅田 眞吾

◎建築概要

工事名称：山崎町防災コミュニティセンター新築工事  
建設場所：兵庫県宍粟郡山崎町鹿沢字東桜町64-1,64-5,65-3  
発注者：山崎町  
用途：展示施設、防災センター  
規模：地上5階、塔屋2階、地下なし  
建築面積：982㎡  
延べ面積：3465㎡  
上部構造：RC造耐震壁付ラーメン構造  
(一部プレストレストコンクリート造)  
基礎構造：直接基礎(独立基礎)  
免震部材：直動転がり支承交差型免震装置 9基  
鉛プラグ入り積層ゴム 5基  
天然ゴム系積層ゴム 3基  
設計・監理：(株)NTTファシリティーズ関西事業本部  
施工：八幡建設・上林建設特定建設共同企業体  
工期：1999年3月~2000年3月  
(加藤巨邦)

## 社団法人設立披露記念講演会とパーティー

### 出版委員会

日本免震構造協会の社団法人としての新たなる門出を記念して、「社団法人設立披露記念講演会とパーティー」が6月17日、明治記念館にて行われた。梅雨とはいえ、盛夏のような陽気の中を、建設省はじめ各省、各団体の来賓の方々をふくむ、約200名もの参加を得た。

講師、松井孝典氏の講演は、「巨大隕石衝突による地球システムの擾乱」という壮大な題目で、ユカタン半島のクレーターから話ははじまり、「地球システム」を考え、地球環境問題への提言まで、非常に含蓄のある内容だった。「人間は擾乱をひき起こす存在の、それ以上でもそれ以下でもない」という氏の言葉は重い。

講演終了後のパーティーでは、当協会会長や来賓の方々の挨拶があり、協会の今後の発展を願い祝った。

講演会の要旨をここに紹介します。

講師 東京大学大学院教授 松井孝典氏

題目 「巨大隕石衝突による地球システムの擾乱」  
— 地球環境問題の正体を6500万年前に探る —

自然は古文書のようなものである。ここ数年来、自然科学者として今までの理論的な研究ばかりでなく、その古文書を読みとるような仕事をしたいという強い思いを抱くようになった。その思いが、「6500万年前の巨大隕石の衝突」の調査に出会い、科学として環境問題を考えたり、地球システムの「人間圏」として人間をとらえていく、ひろがりある研究テーマに行きあたった。

6500万年前の地球は、今より海が広くて陸が狭く、プレートの移動は大きく、火山活動が盛んだった。平均気温は今より10℃位高く、大気中にはCO<sub>2</sub>が多く、生物では恐竜が主流だった。それがどうして変化したのか。1980年代まではいろいろ説はあったが科学的ではなかった。それを1980年代にアルバレス親子らが、6500万年前の地層にイリジウムが多いことを唱え、「直径10km位の巨大隕石の衝突があった」という結論に達した。やがてこの仮説は、1991年にメキシコのユカタン半島で、巨大隕石の衝突とみられるクレーターがみつかり、実証された。

巨大隕石の衝突は、衝突といっても、地球上でよく見る衝突とは質的にも量的にも異なり、むしろ爆発に近い。その爆発のエネルギーは、米ソの冷戦時代のすべての核弾頭を同時に爆発させた位に相当する1万



写真-1 講演会風景



写真-2 熱弁をふるわれる松井先生

メガトン Mt の、1万から10万倍と予想される。この衝突によって生じるであろう環境変化をまとめると、以下のようになる。爆風や地震などの直接的被害が少なくとも100万km<sup>2</sup>以上で生じる、波頭の高さにして数百mに達する津波が生じ、海岸地域は内陸部20kmくらいが津波による氾濫の被害を被るだろう。衝突に伴って融けた岩石が火の玉のように飛び散り、それは全地球に艦砲射撃の弾丸のごとく降り注ぎ、全地球規模での森林

火災を引き起こす、ざっと列挙するだけでもこのくらいの直接被害が発生するのだが、それ以上に深刻なのはその結果生じる気候変動である。例えば、衝突に伴って舞い上がったちりや煙、すす、さらには硝酸の液滴などにより、入射太陽光量は視界ゼロにまで落ちる。また、衝突する小天体や衝突地点から蒸発する硫黄により、大量の二酸化硫黄が大気中につくられ、それが雨となって降るから酸性雨となる。酸性雨の原因としてはこのほかに、衝突に伴って発生する熱雲によってつくられる多量の一酸化窒素がある。一酸化窒素は酸性雨を生じるだけでなく、オゾン層の破壊をももたらす。

昨年、メキシコ大学と東京大学の合同でユカタン半島に最も近いキューバを調査したところ、予想どおりの地層をみつけた。ふつう6500万年前の地層の厚さは、ヨーロッパでは1cmから数mm、アメリカ、メキシコ等でも数mであるが、ハバナ近郊でみつけたものは180mもの厚さがあった。その地層は上から下へと土粒子の粒径が連続的に変化しており、さらに、水がぬけた跡がみられた。津波によってどろどろとなった土が、1から数か月の間に推積した地層と推測された。これは、まさに地球にもたらされた擾乱を記録している古文書といえる。

地球には、かつて、私達が現在ひき起こしているよりももっとすごい擾乱があった。しかし、いつの間にか復元して、今我々はいる。地球はそうした乱れを吸収するシステムを備えている。逆にいえば、そういう星だからこそ生命が長らえた。地球の環境問題で、よく「地球にやさしく」というが、これは人間中心の見方で、地球のことをよく知っていない。地球にとっては、むしろ人間はいなくなった方が有り難いのであり、人間は擾乱を引き起こす存在のそれ以上でもそれ以下でもない。「人間にやさしく」と地球にお願いすべきであろう。地球はシステムとして、非常にうまくできているのである。

6500万年前の衝突がなかったなら、今の人間はいない。いたとしてもその登場はずっと遅れただろう。衝突のおかげで今我々はいるわけで、地球システムが、乱れに対して柔軟に対応してくれるおかげである。では、地球システムとはどんなシステムなのか。

地球を、似ている軌道をもつ惑星の金星や火星と比較してみると、地球の際立った特徴は、生命、海、大陸があることである。中でも海の存在は、地球がシステムとして機能する上で重要である。海が地球上に存在するための条件は、平均気温が0℃から100℃内におさまることである。そのためには太陽エネルギーとし



写真-3 パーティー風景



写真-4 協会会長の挨拶

て入ってくるものと失うものとのバランスがとれていなければならない。太陽の中心では、水素の原子核4個が融合してヘリウム1個となるが、この時、質量は0.7%位少なくなる。その0.7%がエネルギーとして出て、輝きとなる。計算によると太陽は100億年輝くであろうと推測されるが、今まで46億年輝いてきた。また、その輝きは経年とともにあかるくなる。ということは、過去にさかのぼると、太陽は今より暗く、地球の平均気温は、20億年前で0℃、38億年前では-20℃から-25℃だったとする計算がなされた。氷河期が数度の平均気温の低下でおこることからすれば、これは

大変なことである。だが、38億年前の岩石から、その頃海は存在し、今と変わらず温暖であったことがわかった。この事実は理論上の計算結果と矛盾した。この計算のミスは、地球システムを考えに入れなかったことにある。大気や海という地球の構成要素間の出入りの流れを考慮に入れなかった。地球は太陽の温度が変わると、こうした外的変化にシステムが応答して、全然別のふるまいをする。CO<sub>2</sub>を一つの例にとると、大気中のCO<sub>2</sub>は雨に溶けこみ、大陸を侵食しながら海の中に流れこむ。流れこんだものが海の中で沈澱し、一部がふたたび地球に取り込まれ、やがてプレート運動で移動し地上に姿をあらわす。地表温度が低くなると雨の量は少なくなりCO<sub>2</sub>の除去される量が減る。システムはCO<sub>2</sub>を増やす方へ応答し地表の温度は上がり、結果として地表の温度は変わらないでCO<sub>2</sub>の大気中の濃度が増えることになる。地球が、システムとして応答するには、地球の要素がうまく連鎖しないといけない。地球の歴史を知るには、地球システムを構成する要素がどんなふうに変化してきたかを探ることが大事である。

実は、地球では構成要素が次々と生まれてきた。最初の構成要素は、マグマと水蒸気の大気この2つだけだった。冷えるにつれて構成要素はふえていった。大陸や海という函が加わると生物が生まれ、生物が生まれたことによって酸素が生じ、海の中が酸化された。酸化されることにより不溶性のFe<sup>3+</sup>からなる鉄鉱石が生じ海は汚染された。我々が今使っている鉄鉱石は汚染物質だといえる。新しい函ができることによって他の函が変わってしまう、今、我々の言葉では、汚染という悪いイメージだが、地球の歴史は汚染の歴史だといえる。現代は人間という新しい函をつくって生きていこうとしている。この人間の函、「人間圏」という函はいつ始まったのか。人間は農耕牧畜を始めた時、生物圏から脱して人間圏を作った。人間が地球システムの中で新しい函を作ったのがその時だということを、もう1度認識し直して新しい文明論をつくっていきたい。今、宇宙から地球をみたとき、人間がみえる。

最後に地球の未来はどうなるのかというと、太陽はどんどん明るくなって、地球はシステムとして反応できなくなる。CO<sub>2</sub>の調整はできず、生物圏はなくなり、函がひとつひとつ消える。皆さんの中で、何かこの地球に自分の生きた証<sup>あかし</sup>を残したいと思っていられる方があるかもしれませんが、50億年もしないうちに、それは跡かたもなく消滅してしまうでしょう。

(鳥居次夫)



写真-5 来賓の挨拶



写真-6 協会副会長の挨拶



写真-7 設立者代表による乾杯の音頭



# 免震構造用語集 — 免震部材編 —

技術委員会

免震用語集は、当初5回連載として考えていました。本号で「積層ゴム編」と「ダンパー編」を「免震部材編」として一挙に掲載することにしました。したがって、用語集の連載は本号で終了となります。

掲載した用語に関して、不十分な点もあるかと思しますので、会員皆様方のご意見を事務局まで（FAX 03-3239-6580、E-mail jssi@jssi.or.jp）お願い致します。これらのご意見に基づきよりよい用語集としたいと考えています。

用語集利用の手引き

- ・各記号は、→印は参照語、=印は同義語・類義語、←印は対義語を示す。
- ・本用語集作成にあたっては以下の文献を参照している。  
 ゴム用語辞典：日本ゴム協会（1997）  
 建築学用語辞典：日本建築学会（1993）  
 免震構造入門：日本免震構造協会（1995）  
 免震積層ゴム入門：日本免震構造協会（1997）  
 4次免震への道—免震構造設計マニュアル—：多田英之他（1997）

## 【あ】

### アイソレータ（*isolator*）

建物と地盤を振動的に絶縁するため、上部構造を水平方向にきわめて小さなばね定数を持つ支承で支持することによって建物の固有周期を長くするための装置である。アイソレータには、積層ゴム支承、すべり支承及び転がり支承等がある。使用材料の種類によって、金属支承、ゴム支承等と分類することもある。

### 圧縮せん断試験装置（*compressive and shearing test machine*）

積層ゴムに圧縮力とせん断力を同時に作用させることのできる試験装置をいい、積層ゴムの力学特性評価に用いられる一般的な加力試験装置として位置づけられる。一般的な圧縮せん断試験機は積層ゴムの上下の取り付け板が常に平行に保持される構造になっており、圧縮荷重下でのせん断特性やせん断変形下での圧縮特性を評価することができる。また、圧縮力かわりに引張力を作用させる場合には、引張せん断試験装置として用いることができる。

＝2軸試験機

### 圧縮せん断特性（*compressive and shearing property*）

積層ゴムに圧縮荷重を作用させた状態でせん断変形させたときの特性。使用するゴム材料や形状係数によっては、圧縮力（面圧）が大きくなると水平剛性が低下したり座屈が生じやすくなる等の面圧依存性が見られる場合がある。

### アレニウス式（*arrhenius' equation*）

化学反応の速度定数の温度変化についてアレニウスが提案した式（1889）で速度定数  $k$  は次式で表わされ

る。

$$k = A \exp(-E_a/RT)$$

$$\text{または } \log k = \log A - E_a/2.303R(1/T)$$

$T$  は反応温度（絶対温度）、 $R$  は気体定数、 $A$  と  $E_a$  は反応に固有な定数で頻度因子と見かけの活性化エネルギーと呼ばれている。温度範囲が広いときは、 $A$ 、 $E_a$  共に温度の関数となる。一般の化学反応のほか、拡散、粘度等の物理現象にも広く適用される。なお、アレニウスプロットは縦軸に  $\log k$  を、横軸に  $1/T$  をとって実験点をプロットすることをいう。このプロットの勾配より  $E_a/2.303R$ 、切片より  $\log A$  が決まる。

### 安定変形（*stable deformation*）

荷重支持性能、復元性能、減衰性能が安定して発揮しうる範囲の変形をいう。積層ゴムの水平変形は地震入力大きさによって変わるが、その度合により、「安定変形」、「性能保証変形」、「終局限界変形」等がある（財団法人日本建築センターの定義による）。安定変形は終局限界変形に対して十分余裕をもって設定される必要があり、一般的には2倍程度の安全余裕度が望ましいとされている。

### 1次形状係数（*primary shape factor*）

積層ゴムのゴム一層について受圧面積と自由面積の比で定義される。積層ゴムが円形断面の場合、一次形状係数  $S_1$  はゴムの直径  $D$  とゴム一層の厚さ  $t$  を用いて次式で表わされるため、ゴム一層の扁平度を示す尺度となる。

$$S_1 = \frac{(\text{受圧面積})}{(\text{自由面積})} = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi D t} = \frac{D}{4 t}$$

1次形状係数は積層ゴムの圧縮剛性や曲げ剛性に大きく影響を及ぼし、1次形状係数が大きくなるに従いこれらの値も増大する。なお、わが国では2次形状係数と区別するため、「1次」を付けて呼ばれているが、海外では単に形状率 (shape factor) と呼ばれている。

=形状率

**1次剛性 (primary stiffness)**

物体に力を加えたときの力と変形の関係は小さいうちはほぼ比例関係にあり、弾性挙動を示す。力が大きくなると比例関係が崩れ、変形の度合いを増す塑性状態になる。比例関係にある弾性状態の力と変形の間を一次剛性という。鉛プラグ入り積層ゴムや天然ゴム系積層ゴム+鋼棒ダンパー等の免震部材では、鉛や鋼棒の弾性域を一次剛性という。

=初期剛性

**永久ひずみ (permanent strain, permanent set)**

材料に力を加えて変形を与え、その後に力を解除しても完全に元の状態に復元せずに残留するひずみをいう。ゴムの永久ひずみについては、引張永久ひずみ及び圧縮永久ひずみを測定する試験法がJISに規格化されている (JIS K 6262 参照)。積層ゴムに使用されるゴムの材料試験に永久ひずみの評価は必ずしも行われていないが、復元性能やクリープ性を考察する上での一つの資料となる。

**エチレン・プロピレンゴム (ethylene-propylene rubber)**

エチレンとプロピレンの共重合体 (EPM) とこれに第3成分として非共役ジエンを導入したエチレン・プロピレン・ジエン3元共重合体 (EPDM) がある。このゴムは、耐オゾン性、熱老化性、耐薬品性、耐候性、電気絶縁性に優れている。耐オゾン性、熱老化性に優れていることから、積層ゴムの被覆ゴム (保護ゴム) として使用されている例がある。

**エネルギー弾性 (energetic elasticity)**

金属、セラミックの弾性に代表される弾性応力の発現機構をいう。ひずみを加えたときに、原子・分子等、系を構成する要素間のポテンシャルエネルギーの変化によって生じる弾性。エネルギー弾性による弾性率は、一般に温度上昇により低下する。

←エントロピー弾性

**鉛直剛性 (vertical stiffness)**

積層ゴムを鉛直 (圧縮) 方向に加力したときの荷重と鉛直変形の比で、圧縮剛性または鉛直ばね定数ともいう。一般的には、鉛直履歴曲線の割線剛性で表す。1次形状係数に大きく依存する。

$$K_v = \frac{P_1 - P_2}{\delta_1 - \delta_2}$$

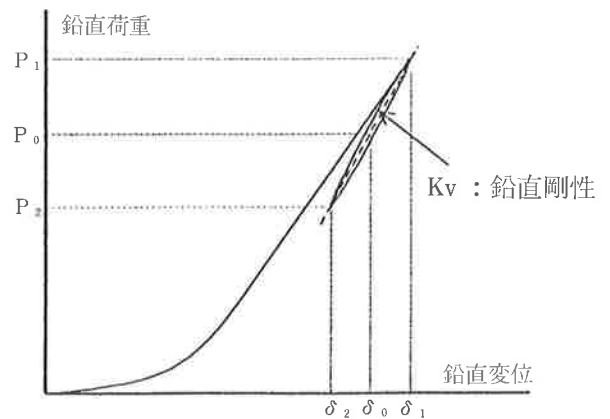
=圧縮剛性、圧縮ばね定数、鉛直ばね定数

←引張剛性

**鉛直沈み込み (vertical sinking, - height reduction)**

積層ゴムに鉛直荷重を載荷した状態で水平変形を与えた場合、鉛直方向に沈み込む現象をいう。水平変形が大きいほど沈み込み量も大きくなる。これは、積層ゴムの幾何学的変形によるものである。

=沈下量



**エントロピー弾性 (entropic elasticity)**

ゴムの弾性に代表される弾性応力の発現機構をいう。ひずみを与えるとゴムの網目鎖構造のエントロピーは小さくなる。変形された高分子材料が、エントロピーの増大を伴って元の形に戻ろうとするとときに生じる応力の本質となっている弾性。エントロピー弾性による力は温度上昇により増加する。

=ゴム弾性

←エネルギー弾性

**オイルダンパー (oil damper)**

一般には振動によって動くピストンにより、シリンダー内部のオイルを流動させ、その制動力を非復元力として振動を制御するダンパーである。所定の制動力は、オリフィスと呼ばれる管路の途中に設けられた丸い孔でオイルの流量を調整することにより得られる。

**応力 (stress)**

外力により物体内部の任意断面に生じる単位断面積当たりの力を意味するが、積層ゴムについては、積層ゴムに作用する荷重を積層ゴムの断面積で除した平均的な値が慣用的に用いられている。積層ゴムに作用する力の種類に応じて、圧縮応力、引張応力、せん断応力等の用語がある。

**応力緩和 (stress relaxation)**

材料に一定の変形を与えた際に生じる応力が、時間の経過とともに減少する現象。ゴムにおける応力緩和の原因は、網目鎖分子の再配列、配合剤の移動、酸化等による網目鎖構造の破壊等によるものとされている。

**オゾン劣化 (ozone degradation)**

積層ゴムに使用される天然ゴムのように分子構造中に2重結合を持つ加硫ゴムは大気中に存在するオゾンによってゴム表面に微小な亀裂を発生する可能性があり、これをオゾン劣化と称している。オゾン劣化によって積層ゴム性能が変化するとは考えづらいが、酸化劣化の影響も考慮して、積層ゴムを保護するため、ゴム配合中にオゾン劣化防止剤を添加したり、耐オゾン性や酸化劣化性に優れたクロロプレンゴムやエチレンプロピレンゴムを保護ゴムとして積層ゴム外表面に被覆する等の処置が施されている。

**オフセットせん断ひずみ (offset shear strain)**

積層ゴムにせん断変形を与えた状態から特性を評価する試験において、事前に与えるせん断変形量に対応するせん断ひずみ量をいう。積層ゴムにオフセットせん断ひずみを与えて行う試験例としてせん断変形下での圧縮試験や引張試験が挙げられる。

**温度依存性 (temperature dependence)**

静的、動的特性値が、環境や供試体の温度によって変化する特性をいう。温度が低下すると、積層ゴムでは、その剛性や減衰係数は一般に高くなる傾向を示すが、ゴム種によりその程度は異なる。例えば、天然ゴム系やシリコンゴム系に比較して、スチレンブタジエンゴム系やニトリルゴム系ゴム材料の温度依存性は大きい。

**温度補正 (temperature correction)**

温度による特性変化を事前に把握し、計測された特性値を所定の温度の特性値に換算することをいう。積

層ゴムの剛性、減衰等の力学特性や、積層ゴムの高さは温度補正を行う場合がある。

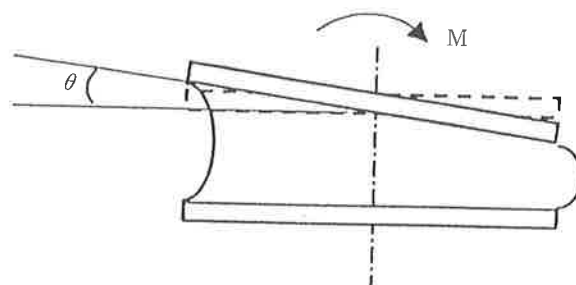
**【か】**

**カーボンブラック (carbon black)**

工業用すすの総称でガスまたは油を原料として製造される。加硫ゴムの補強剤として最も補強性が高く、しかも古くから使用されている。

**回転剛性 (rotational stiffness)**

積層ゴム支承に回転方向の変形を与えた際、モーメント (M) と回転角 ( $\theta$ ) の比 ( $M/\theta$ ) を回転剛性といい、1次形状係数  $S_1$  が大きいほど、また2次形状係数  $S_2$  が大きいほど軸方向の剛性が高くなり、曲げ変形が少なくなることから回転剛性は大きくなる。



M : モーメント、 $\theta$  : 回転角 (rad)

**架橋 (crosslinking)**

線状の高分子の特定原子間に化学結合 (一次結合) を形成する反応をいい、橋かけとも言われる。この架橋反応がお互いの高分子間に生じることにより3次元網目構造を形成する。その結果、プラスチックは流動性を失いまたゴム材料は変形を与えても元に戻るゴム状弾性を有するようになる。結合の方法としては、一次結合で直接結合する方法 (例：放射線による天然ゴムの架橋)、高分子間に架橋剤分子または原子が入りこむ方法 (例：硫黄による天然ゴムの架橋) 等がある。

＝橋かけ

**架橋剤 (crosslinking agent, curing agent)**

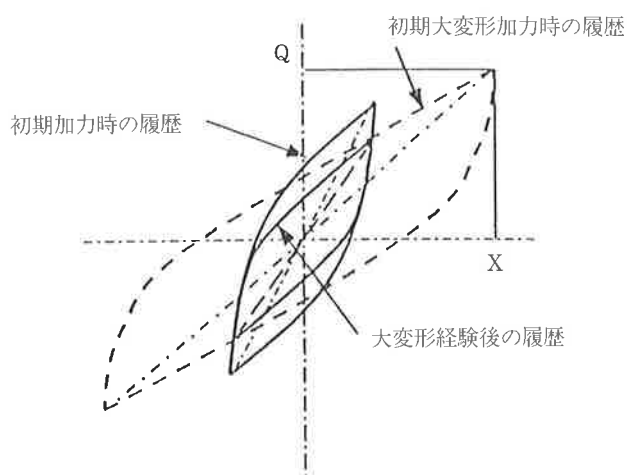
原料ゴムの分子構造の所々に架橋を行い、3次元網目構造にしてゴム弾性を生じさせる物質で、硫黄、硫黄化合物、セレン、テルル、金属酸化物、ポリアミン、有機過酸化物等がある。架橋形態が加硫の場合は、架橋剤は加硫剤と呼ばれている。

**荷重支持能力 (loading capacity)**

積層ゴムが建物等の上部構造物を支える能力を意味する。積層ゴムは、上部構造物による鉛直荷重に対して、座屈や破断が生じないことが要求される。

**荷重履歴依存性 (load experience dependency, load hysteresis dependency)**

経験ひずみ依存性とも呼ばれ、大きなひずみを経験した後、そのひずみ以下の変形領域における特性が経験前と比べ、小さくなることをいう。これはゴム分子間の疑似結合が大変形ではずれ、一時的に見かけの分子結合点が減少することによって起り(ゴム特性としては Mullins 効果と呼ぶ)、高減衰ゴムに顕著に見られる現象である。小さくなった特性はその後時間とともに回復する傾向にある。



**可塑剤 (plasticizer)**

そのままでは可塑性がなく、あるいは可塑化温度が高い物質に加えて可塑性を付与し、軟化する作用をもつ薬剤。判然とした区別はないがゴムのようにすでに可塑性のあるものに加えるものは、軟化材と呼んでいる。可塑性、軟らかさを付与し加工作業を容易にし、あるいは製品の硬さを低下させる。一般に液体のものが多くが固体のこともある。天然産若しくは加工した油脂類や樹脂類あるいは石油系の油類や樹脂類である。

＝軟化剤

**活性化エネルギー (activation energy)**

化学反応速度論によると初めの状態 A から状態 B に化学反応(例えば酸化反応)が進むにはある決まった高さエネルギーの壁を乗り越えなければならない。この高さエネルギーの壁を活性化エネルギー  $E_a$  と呼

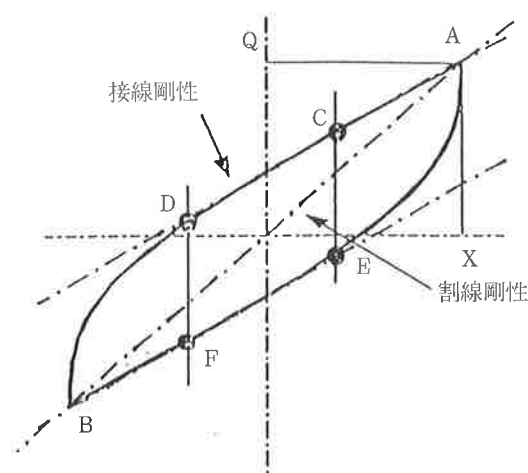
ぶ。経年変化予測等に使用されるアレニウスプロットの傾き ( $E_a/2.303R$ ) は活性化エネルギー  $E_a$  と比例関係にある。

**割線剛性 (peak to peak stiffness)**

横軸に変位、縦軸に荷重をとり、履歴特性の最大変位点を結んだ剛性 (A B) を割線剛性と呼ぶ。一般的に水平剛性またはせん断剛性と呼ばれているものは割線剛性を意味する。

＝等価剛性、等価ばね定数

←接線剛性



**加熱促進劣化試験 (heat accelerated test)**

ゴム材料の酸化劣化に伴う物性変化は化学反応速度論にもとづくアレニウス式に従い温度上昇に伴い指数関数的に加速されると考えられている。この考えにもとづいて高温下で酸化劣化を起こさせ、その前後の物性値を比較することによってゴム材料間の酸化劣化の程度の比較や、低温長時間の酸化劣化の推定に加熱促進試験が行われている。加熱促進試験には空気加熱老化試験、加圧酸素加熱試験、加圧空気加熱老化試験(試験管加熱老化試験)等がある。

＝加熱老化試験

**加硫 (vulcanization, cure)**

硫黄または硫黄化合物を架橋剤として使用した架橋。天然ゴムのようにその分子構造中に2重結合を持つゴム材料で使用される。高分子間に硫黄分子が入り込んだ結合となるが、入り込んだ硫黄の数により加硫ゴムの性能(物性や耐熱性等)が異なってくる。

**加硫度 (degree of vulcanization)**

加硫ゴムの物性を指標としてみた場合の加硫の程

度、または最適加硫に対する相対的評価をいう。積層ゴムのような大型製品では、積層ゴムの表面と中心部で加硫度が異なるが、最適な物性となるよう温度、時間等が設定されている。

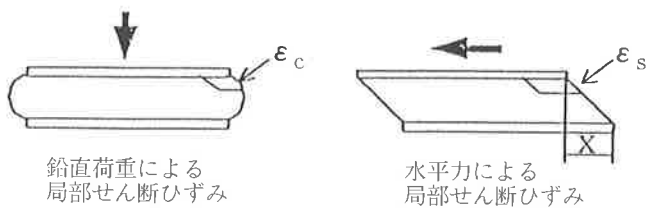
吸収エネルギー (absorbed energy)

材料の非線形的な力-変形関係(履歴特性)や粘性、摩擦等によって吸収されるエネルギー。積層ゴムの荷重-変位曲線の履歴ループ内の面積が吸収エネルギーに当たる。最終的には熱エネルギーとして外部に放散される。

局部せん断ひずみ (partial shear strain)

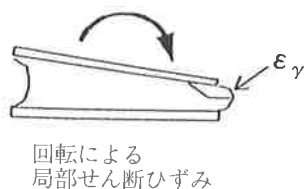
積層ゴムに対する圧縮、せん断、回転の外力によって、ゴムが変形を受けた場合に積層ゴム端部に発生する局部的なせん断ひずみをいう。例えば、ゴムは圧縮荷重を受けた場合、横方向へ放物線状に膨らみだし、この動きによってゴム端部ではせん断ひずみが生じる。

=局所せん断ひずみ



$$\epsilon_c = 6 \cdot S_1 \cdot \epsilon_p$$

$$\epsilon_s = \frac{X}{n \cdot t_R}$$



$$\epsilon_\gamma = 6 \cdot S_1^2 \cdot \gamma$$

$$\epsilon_p = \frac{P}{E_{ap} \cdot A_{ef}}$$

$$E_{ap} = E_0 (1 + 2 \kappa S_1^2)$$

$$A_{ef} = \frac{1}{2} \left\{ D^2 \sin^{-1} \left( \frac{\xi}{D} \right) - X \cdot \xi \right\}$$

$$\xi = \sqrt{(D^2 - X^2)}$$

ここで	$S_1$ : 1次形状係数	$\kappa$ : 硬度補正係数
	$D$ : 積層ゴム外径	$X$ : せん断変形量
	$P$ : 鉛直荷重	$\gamma$ : 回転角
	$A_{ef}$ : 有効受圧面積	$E_0$ : ゴムの縦弾性係数

許容荷重 (allowable load)

積層ゴムに載荷される荷重の許容値をいう。一般的には、長期荷重と短期荷重の2つがあり、長期荷重はクリープや耐久性で決まり、短期荷重は積層ゴムの変形時性能(荷重と座屈の関係)によって決まる。

=許容応力

金属支承 (metal bearing)

金属支承は、使用材料に金属を用いるもので、材質や機構の種類によって細分化されている。また、構造物の挙動(移動・回転)を主にすべり機構やころがり機構によって吸収させている。主なものに、線支承、支承板支承、ピン支承、ピボット支承、ローラー支承、ロッキングピボット支承及びロッカー支承等がある。

クリープ (creep)

一般的には、ゴムに生じる永久的な塑性変形を指す。積層ゴムの場合、圧縮方向に生ずるひずみを指す。積層ゴムは、建物の重量という大きな圧縮荷重を長期間支えるために、積層ゴムのクリープ特性を予測(検討)しておくことが重要である。1~2年の短期のクリープ量から長期のクリープ量を予測するためにクリープ量推定式が使われている。計測時間とクリープ量の関係を両対数または片対数でグラフ化し、直線で近似し、その直線を長期間まで外挿することにより長期後のクリープ量を予測している。それによると、60年程度経過後のクリープ量は、概ね数%程度と予測されている。

繰り返し依存性 (repeat deformation dependence)

積層ゴムに鉛直荷重や水平変形を繰り返し与えると、繰り返し回数とともに鉛直剛性や水平剛性、減衰定数が変化する傾向をいう。

クロロプレンゴム (chloroprene rubber)

クロロプレンゴムは1931年デュポン社が初めて製造し、初めデュプレンという名称で市販されたが、1936年ネオプレンと改められ、その後クロロプレンとさらに改称された。ゴムの特徴としては、1) 特に欠点となる点がほとんどなく、2) 耐老化性が非常に優れて

いる、3) 難燃性である、4) 溶剤に溶け金属等に優れた接着性を持っており、強度、弾性、耐摩耗性、低温特性、耐薬品性、耐溶剤性等は天然ゴム及び他の合成ゴムと同程度かあるいは優れており、バランスがとれた性状を持つ合成ゴムである。

#### クロロプレンゴム系積層ゴム支承

(*chloroprene rubber bearing*)

クロロプレンゴムを用いた積層ゴム支承。橋梁用支承や弾性すべり支承用積層ゴムとして使われている。

#### 経年変化 (*aged deterioration*)

年月の経過に伴い、周囲の環境的要因等の影響でその性能が変化することをいう。例えば、積層ゴムの場合、置かれている環境的要因例えば、オゾン、酸素、紫外線等の影響によって主にゴム材料の物性値が時間の経過とともに変化し、その結果積層ゴムの特性(剛性、減衰、変形能力等)が変化する。通常、免震建物の性能はこの予測される経年変化を見込んで設計されている。積層ゴム性能の経年変化は主にゴム材料の酸化劣化によりもたらされるものである。

＝経年劣化

#### 限界性能 (*critical performance*)

鉛直方向の耐荷能力(圧縮耐力、引張耐力)と水平方向の変形能力(破断、座屈)のことであり、積層ゴムの安全余裕度の観点から把握しておく必要がある。限界性能として重要な積層ゴムの破断には、引張破断及びせん断破断がある。破断特性とはそれらの破断伸び、破断強さをいう。引張に対しては引張ひずみが数百パーセントまでは弾性的に応力が増加し、それ以降はゴムの降伏現象が起り変形のみが増大し、その後再びハードニング現象が現れ、おおよそ300~400%で破断に至る。せん断変形に対してはせん断ひずみが200~300%でハードニング現象が現れ、おおよそ350~500%で破断に至る。

＝終局特性、破断限界、破断特性、終局限界

#### 減衰性能 (*damping performance*)

建物あるいは積層ゴムおよびダンパー等の部材の動的特性を表す性能は剛性と減衰に大きく分けられる。減衰性能は構造物に外力が作用したときに、このエネルギーを振動的に吸収する性能を表す。一般に自由振動における振動の収まり速さであり、減衰係数や減衰定数で表される。

#### 高減衰ゴム (*high damping rubber*)

ゴム弾性を保持しながらエネルギー吸収性能(ばね要素、分子同士がこすれる摩擦要素、充てん剤等による粘性減衰要素)を高めたゴム材料である。天然ゴムに減衰性のある合成ゴム、樹脂あるいは充てん剤を配合して製造される。

#### 高減衰積層ゴム (*high damping rubber bearing*)

高い減衰性能を有するゴム(高減衰ゴム)を使用した積層ゴム。したがって、ダンパーが不要なく、施工、管理上便利だが、振動数、変形履歴、温度、ひずみ等に対する依存性が天然ゴム系積層ゴムに比べて大きい。

#### 鋼材ダンパー (*steel damper*)

鋼材が塑性変形するときのエネルギー吸収をダンパーとして利用するもので、平面内、任意方向の大変形に追従できるように形状、支持部等に特徴が与えられている。復元力は紡錘形の特徴を示す。

#### 合成ゴム (*synthetic rubber*)

天然ゴムに対比されるもので、石油等を原料として化学的に合成されたゴム状弾性を示す高分子物質の総称。主としてタイヤ用に用いられる汎用ゴムと、特殊な性能を持つ特殊ゴムに大別される。スチレンーブタジエンゴム(SBR)、イソプレンゴム(IR)、ブタジエンゴム(BR)、エチレンープロピレンゴム(EPDM)、クロロプレンゴム(CR)、アクリロニトリルーブタジエンゴム(NBR)、シリコーンゴム(Q)、フッ素ゴム(FKM)等、多種類のものがある。

←天然ゴム

#### 硬度補正係数 (*hardness correction factor*)

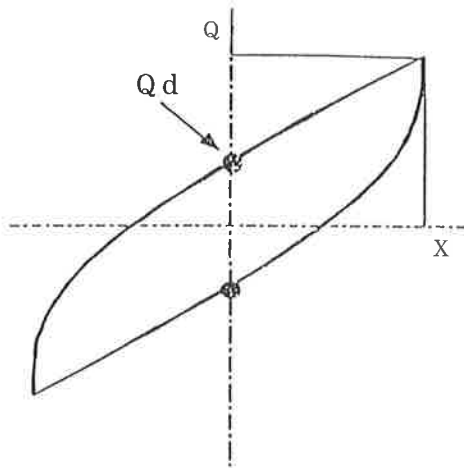
上下を拘束したゴムシート1枚の見かけの弾性係数は、ゴムの弾性係数と形状係数に依存するが、実際の実験結果との比較においては配合剤等の影響により値が異なってくる。この実験値を理論値に合致するように硬度を指標として導入した係数を硬度補正係数( $\kappa$ )という。

#### 降伏荷重 (*yielding load*)

一般に鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す際に用いられる指標であり、横軸に変位、縦軸に荷重をとり、履歴特性から得られる荷重切片( $Q_0$ )を降伏荷重と呼ぶ。積層ゴムのエネルギーロスがほとんど無い場合

には、 $Q_d$  は鉛プラグのせん断変形抵抗力にほぼ等しい（高減衰積層ゴム等においても、その代用特性として用いられる場合もある）。

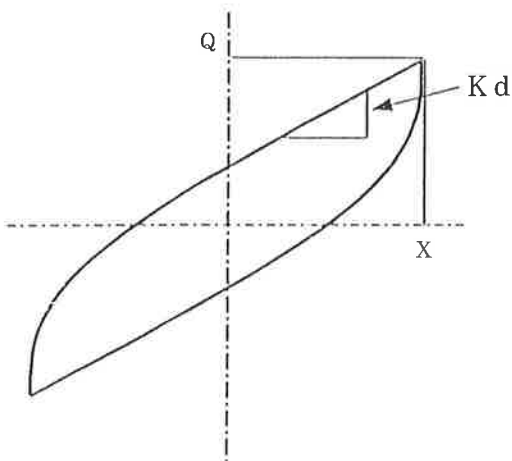
=降伏荷重特性値



**降伏後剛性 (post yield stiffness, yield stiffness)**

一般に鉛プラグ入り積層ゴムの水平剛性を表す際に用いられる指標であり、横軸に変位、縦軸に荷重をとり、履歴特性から積層体が降伏をおこした後の登り勾配における剛性を降伏後剛性 ( $K_d$ ) と呼ぶ。鉛プラグのせん断変形抵抗力がほぼ一定の場合、 $K_d$  は積層ゴムの水平剛性にほぼ等しい（高減衰積層ゴム等においても、その代用特性として用いられる場合もある）。

= 2次剛性



**降伏せん断力係数 (shear coefficient at yield point)**

建物全体に対して用いられる降伏層せん断力係数は、降伏層のせん断力をその層より上層の全重量で除した値である。降伏せん断力係数は、免震構造において履歴ダンパーの特性を表すのに用いられる値のひとつで、免震層におけるダンパーの降伏荷重  $Q_y$  を免震

層の上部構造の地震時の自重  $W$  で除した値をいう。

**高分子 (macromolecule, high molecular compound)**

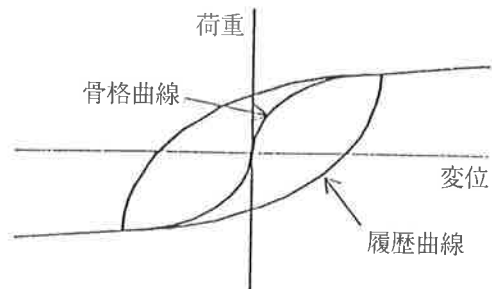
分子量が1万以上の重合体分子からなる化合物。一般には同じ化学構造の低分子が重合によって結合し、その繰り返しのよって分子量が大きくなって高分子が形成される。天然高分子と合成高分子があり、ゴム、プラスチック、繊維、紙等は全て高分子である。高分子のもととなる低分子は、一般に気体、液体、固体という相変化を生じるが、高分子材料ではこのような明確な相変化は起こらず、高分子特有の状態変化を示すようになる。

=ポリマー

**骨格曲線 (skeleton curve)**

繰り返し加力に対して、荷重-変位関係を表す曲線が面積を有する場合にその曲線を履歴曲線といい、履歴曲線の基本となる曲線を骨格曲線と呼ぶ。

=スケルトンカーブ



**ゴム (rubber)**

室温においてゴム状弾性を有する高分子物質で、天然ゴムと合成ゴムがある

=天然ゴム、合成ゴム

**ゴム硬さ (hardness for rubber)**

硬さには国際ゴム硬さ、デュロメータ硬さ、IRHDポケット硬さの3種がある。一般的にはデュロメータ硬さが用いられ、その中で中硬さ (A10~90) 用であるタイプAを使用し、ゴムの表面に押し付けられた押針の圧入に対するゴムの抵抗を表す数値をいう (JIS K6253を参照)。なお、積層ゴムの場合静的せん断弾性率とゴム硬さは直接は関係ないが、所定のゴム材料を使用していることを確認するための材料試験のひとつとして測定している。

ゴム材料試験 (test for rubber)

ゴム材料の物理特性試験をいい、破壊特性、環境劣化特性、弾性・粘弾性特性等が評価される。通常よく行われるゴム材料試験の試験項目、試験方法はJISに規定されており(例えばJIS K6250)、一般に積層ゴムに使用されるゴム材料については引張試験、硬さ試験、接着試験、老化試験等が行われる。

ゴム支承 (rubber bearing)

構造物の挙動(移動・回転)をゴム弾性変形により吸収させる支承。積層タイプとリングプレートタイプの2つに大別されている。積層タイプは、金属板とゴムが加硫接着され積層構造をなしている。すべり機構を併用したゴム支承もある。

ここで、 $T_v$  : 鉛直固有周期  
 $T_h$  : 水平固有周期  
 $W$  : 荷重  
 $K_v$  : 鉛直剛性  
 $K_h$  : 水平剛性  
 $g$  : 重力の加速度

$$T_v = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_v \cdot g}}$$

$$T_h = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_h \cdot g}}$$

混練り (mixing)

配合処方に応じた原料ゴムと充てん剤(各種配合薬品等)とを混合し、機械的せん断力を加えて、ゴムに可塑性をもたせると同時に、充てん剤を原料ゴムに均一に分散させる作業。

=精練

【さ】

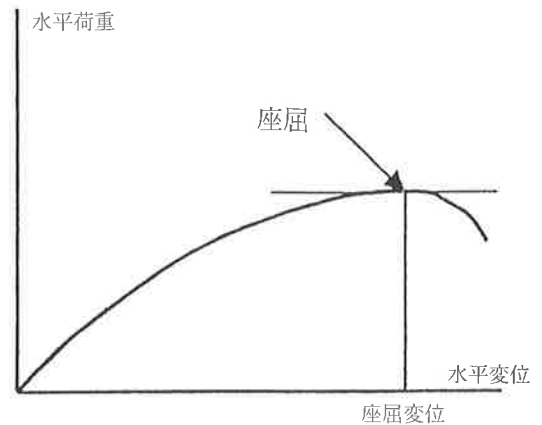
載荷速度 (loading rate)

積層ゴムの加力試験において、積層ゴムに与える荷重や変位の単位時間当たりの変化量をいう。積層ゴムの場合、荷重や変位を正弦波形あるいは三角波形で定期的に変化させる試験、あるいは荷重や変位を一定割合で変化させる試験が多く行われている。

座屈 (buckling)

一般に、細長い棒、薄い板等を圧縮すると、ある荷重において突然横方向にたわみを生じ、以後たわみが急激に増大する現象をいう。積層ゴムではせん断変形を与えない状態で鉛直荷重を増大させたときにせん断方向にたわむ場合のほかに、せん断変形を与えた場合に、その荷重-変形履歴曲線上に負勾配が生じ、水平剛性が0となり、復元性を失う場合も座屈という。積層ゴムの座屈は単純圧縮より圧縮せん断時に生じやすい。積層ゴムは一般的に扁平な形状をしているが、1

次形状係数( $S_1$ ) 2次形状係数( $S_2$ )が小さくなると、座屈が起きやすくなり、また弾性率の小さいゴム材料を用いる場合も同様に座屈が起こりやすい。座屈応力度は積層ゴムが座屈しようとするときの荷重を初期受圧面積で除した値をいう。また、そのときの変位を座屈限界変位という。



酸化 (oxidation)

物質が酸素と反応し、その結果諸物性が低下すること。ゴム材料は酸素と反応し、ゴム分子の切断や架橋を生じ、その結果硬さや引張強さ、破断伸び等のゴム物性に变化を示す。酸化劣化の速さはその他の環境要因の影響を受けるが、特に温度の上昇に伴い指数関数的に速まると言われている。

3次元網目構造 (3-dimensional network structure)

線状重合体の相互を架橋剤等にて結合させ、ひとつの網目状にした構造のことで、通常、網目構造は、平面(2次元)ではなく立体(3次元)構造となることから、3次元網目構造と呼ばれる。

=網目構造

残留変形 (residual deformation, remained

deformation)

荷重を載荷した後これを取り除いても変形が載荷前の状態に戻らないとき、この変形を残留変形という。免震部材で水平荷重により残留変形を生じ易いものは、鉛プラグ入り積層ゴム、高減衰積層ゴム、弾性滑り支承、そして履歴型ダンパー等であり、これらの免震部材を用いた免震構造では地震後に残留変形が生じる場合がある。

軸力変動 (variable axial load)

部材の軸方向にかかる荷重が時間とともに変動する



場合をいう。柱部材あるいは免震支持部材の場合、変動のない建物自重による長期荷重に加えて、地震または風等の水平外力の作用により鉛直方向にも変動成分が発生し軸力変動荷重となる。このとき、積層ゴムに作用する最大荷重を短期荷重という。

**実大積層ゴム (actual size of rubber bearing)**

試験に用いる積層ゴムのうちで実際の免震構造に用いられる大きさの積層ゴムをいう。建物に使用される積層ゴムの最小サイズは直径500mm程度であることから、建築分野では一般にゴム直径が500mm以上の積層ゴムが実大積層ゴムと呼ばれている。

- ＝実機、実大サイズ
- ←縮小積層ゴム、縮小モデル、縮尺サイズ

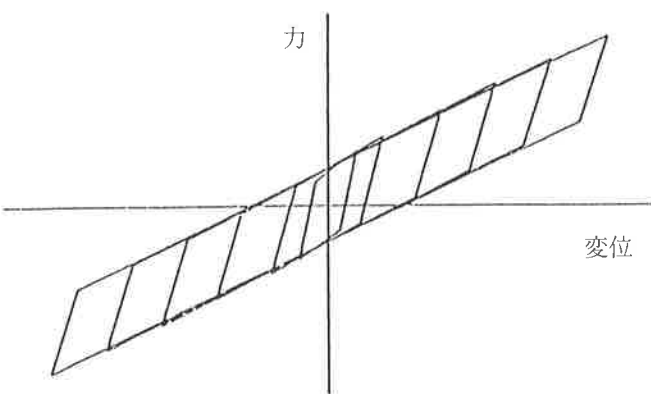
**周囲拘束型積層ゴム**

(peripheral restraining type rubber bearing)

中心穴径の大きな内部鋼板とゴムを、交互に積層して加硫成型された積層ゴムの中心孔に、主として大きな減衰性能を持つゴム材料を封緘してなる積層ゴムである。あらかじめ加硫成型された積層ゴムが、中心孔に封緘されるゴム材料を拘束するのでこの名の由来がある。現在はほとんど使用されない構造である。

**修正バイリニア (modified bi-linear)**

ひずみの関数によりスケルトンカーブを表し、履歴特性をバイリニアとした解析用履歴モデル。高減衰積層ゴム及び鉛プラグ入り積層ゴムの水平方向の荷重変形関係及び履歴特性をモデル化するために用いられている。



**充てん剤 (filler)**

加硫ゴムの補強または増量その他の目的で原料ゴムに配合される物質の総称。補強性充てん剤としては

カーボンブラック、ホワイトカーボン、表面処理クレー等が、非補強性充てん剤としては炭酸カルシウム、タルク、木粉等がある。

**自由表面積 (free surface area)**

積層ゴムのように薄いゴムシートと鋼板が積層されている場合、鉛直荷重によりゴムが周方向に膨み出すことができる部分を自由表面積といい、これに対し鋼板と接着され拘束されている部分を受圧面積または拘束面積という。この受圧面積と自由表面積の比を1次形状係数と呼び、以下のように表される。

- $S_1$  : 1次形状係数
- A : 受圧面積
- $A_f$  : 自由面積

$$S_1 = \frac{A}{A_f} = \frac{D - d_s}{4 \cdot T_r}$$

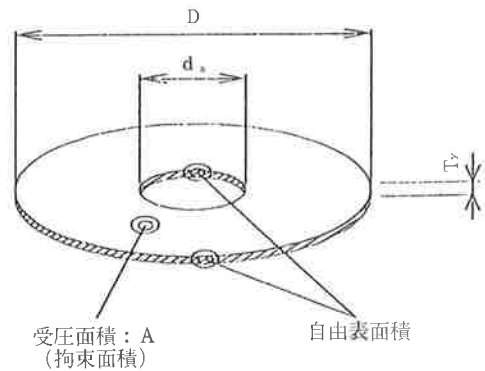


図 積層ゴムシート

**縮小積層ゴム (miniature size of rubber bearing)**

試験に用いる積層ゴムのうちで実際の免震構造に用いられる大きさの積層ゴムより小さい積層ゴムをいう。現在、積層ゴムの動的加力試験や温度依存性については、試験装置の能力上の制約等から、実大積層ゴムで評価することが難しく、多くの場合、縮小積層ゴムによる評価が行われている。実大積層ゴムに対して寸法縮尺比を満足するように製作した縮小積層ゴムを縮尺モデルと呼ぶこともある。

- ＝縮小モデル、縮尺サイズ
- ←実大積層ゴム、実機、実大サイズ

**振動数依存性 (frequency dependence)**

ゴム材料あるいは積層ゴムの動特性において、加振振動数が高くなると水平剛性、減衰定数とも僅かながら増加する傾向にある。一般に、天然ゴムより高減衰ゴムでその傾向が大きい。

- ＝周波数依存性

**水平剛性** (*horizontal stiffness*)

積層ゴムをせん断変形させたときに生じる水平力と水平変形量の比のこと。免震性能は建物質量と積層ゴムの水平剛性の比により決まる免震周期により大きく左右されるため、積層ゴムの最も重要な特性である。

- ＝せん断剛性、水平ばね定数
- ←圧縮剛性、鉛直剛性、鉛直ばね定数

**水平変形性能** (*performance of horizontal deformation*)

積層ゴムを水平方向に変形させた場合の特性をいう。水平変形性能には水平剛性、減衰、水平限界特性、線形限界、ハードニング、座屈等があり、またこれらの特性が各種条件により依存する性質として面圧依存性、速度依存性、温度依存性等がある。

- ＝変形性能、変形能力

**すべり材** (*sliding material*)

すべり支承のすべり面に用いる材料。低摩擦性、耐久性等が必要で、ガラス繊維入り四フッ化エチレン (PTFE) をペース樹脂にした材料が代表的である。

**すべり支承** (*sliding bearing*)

すべり支承は、地震力等による構造物の移動をすべり機構により減衰させる支承である。金属支承では、線支承 (平面と円柱面の線接触) や支承板支承 (平面、円柱面球面の面接触または平面と平面の面接触) 等がある。支承板支承には、支承の回転挙動を吸収するためにゴムプレートの弾性変形を用いるものがある。弾性すべり支承は、積層ゴムの底面に PTFE 板を接着した支承で、基礎上に設置されたすべり板 (ステンレス板等) との間ですべりを生じる。

**成型** (*molding, vulcanizing molding*)

原料ゴムに加硫剤、老化防止剤等の添加剤を配合してから、金属製の型に詰込み、加熱してゴム分子間の架橋 (加硫) による網目構造をつくり、ゴムを所定の弾性及び形状を有する製品にすること。

**成型金型** (*mold*)

成型金型は、ゴム成型品を形づくるものである。その構造は主に、割り型、圧入金型及びトランスファー金型に分類される。金型は、ゴム成型品の材質や形状、加硫方式、加硫機の構造及び性能に合わせた寸法と強度を必要とするために、さまざまな材

質、構造のものがある。

**製作要領書** (*specification of manufacturing process and inspection*)

製品の製作に際して、メーカーが事前に発注者に提出する製作仕様書のことをいう。製作要領書には製作メーカーの組織、製作工程と品質管理体系、製品仕様、仕様材料、検査要領等が記載される。

**静的試験** (*static test*)

地震時の積層ゴムの応答性状を考慮せずに行う加力試験を意味する。積層ゴムの水平方向の地震応答を例にとると、周期 2～4 秒の振動が卓越するが、実大積層ゴムの試験では、試験装置の能力上の制約から周期で 0.01 Hz 程度、加力速度で 0.1 m/s 程度の静的試験が一般的に行われている。

- ←動的試験

**製品検査** (*product inspection*)

積層ゴム製造工程の最終段階で行われる検査で、各部の寸法を測定する寸法検査、外観検査、圧縮せん断試験機による性能検査等が行われる。製品検査の検査方法、検査基準等は設計仕様書に基づいて定められた検査要領書にしたがって行い、その結果を検査成績書として提出する。

**積層ゴム** (*rubber-metal laminated bearing*)

積層ゴムは鋼板とゴムを交互に積層した構造のものである。ゴムの種類 (材料特性)、形状 (寸法及び積層数等) により異なった特性を示す。天然ゴム系積層ゴムは、一般にダンパーと併用して使用されるが、鉛プラグ入り積層ゴムやゴムに減衰性能を与えた高減衰積層ゴム及び弾性すべり支承等はダンパー機能を併せ持つ。

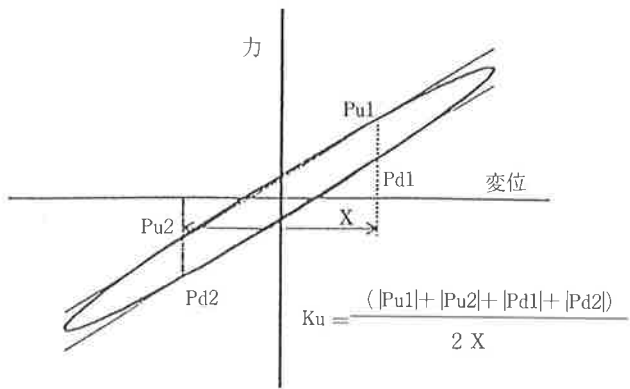
**設計変位** (*design displacement*)

免震建物を設計する場合に、地震応答解析等から想定する免震性能を満足する水平変位。設計変位は、一般的に積層ゴムの線形範囲内を目標とする。

**接線剛性** (*tangent stiffness*)

水平の加力試験において得られた履歴曲線より、水平ばね定数を求める場合に、ある基準となるひずみ (変位) におけるプラス側の点とマイナス側の点を結んだ上りの傾きと下りの傾きの平均値をいう。

- ←割線剛性



**切断時伸び (elongation at break)**

ゴムの引張試験(JIS K 6251 参照)により得られる試験結果の一つで、ダンベル状またはリング状のゴム試験片を引張破断したときのひずみ量を意味する。またゴムの引張試験では、この他に破断するまでに生じた最大引張力を試験片の断面積で除した引張強度や所定の引張ひずみ時の引張応力も評価される。

**接着 (adhesion)**

2つの物体間の相互に引き合う力(界面力)により、2つの物体を接合する操作またはその接合された状態。界面力は、化学結合(共有結合、水素結合等)や機械的作用(投錨効果等)等により発現する。積層ゴムの場合、硫黄を介した化学結合による加硫接着が一般的である。

**線形限界 (limit of linearity)**

積層ゴムに鉛直荷重を載荷して、基本水平変形を与えた履歴特性から求めた等価剛性(割線剛性)を基準とし、それ以外の変形時の等価剛性が基準等価剛性に対して+10%以内に入る変形領域を線形範囲、またその最大変位を線形限界という。一般的には面圧 9.8MPa (100kgf/cm<sup>2</sup>)、せん断ひずみ100%時の割線剛性(等価剛性)を基準剛性としている。

＝線形領域

**漸増载荷 (gradually increase loading)**

加力試験における加力パターンを意味し、荷重または変形を繰り返し与えながら、その最大値や最小値を徐々に増大させていく方法で、振幅依存性等を評価する際に用いられる。

←単調载荷

**せん断試験片 (shearing test specimen)**

ゴム材料のせん断特性、温度依存性、振動数依存

性等を評価する際に用いられる試験片で、金属片間にゴムシートが接着した構造となっている。せん断試験の種類としては、1つの試験片中のゴムシート(ブロック)の数に応じて1ブロック、2ブロック、4ブロック・ラップシアー型等がある。また、ゴムと金属との接着強さを評価する際に用いられる場合もある(JIS K 6256 参照)。

**せん断弾性率 (shear modulus)**

せん断方向の応力とひずみの比をせん断弾性率という。ゴムのせん断弾性率は積層ゴムの水平剛性に直接寄与する重要な物性値であり、設計用の材料定数になっている。積層ゴムの水平剛性に(積層ゴムの総高さ) / (積層ゴムの断面積) を乗じれば、積層ゴムの剛性から換算した見掛けのせん断弾性率が得られる。

＝せん断弾性係数

**速度依存性**

(deformation velocity dependence, velocity dependency)

積層ゴムの特性が、変形を受ける速度によって変化する度合いをいう。一般的にゴムはゴム分子の絡み合い、架橋そして充填剤等の相互作用により粘弾性的な挙動を示し、剛性や減衰等の力学的特性において、変形速度に対する依存性を有する。すなわち、変形速度が速い(周波数が高い)場合は、粘性抵抗が増しその結果として剛性が高くなり、減衰はある周波数でピーク値を持つ。天然ゴム系の場合は、100Hz 以下では速度依存性はほとんど見られない。

**速度型ダンパー (damper of velocity type)**

振動速度に比例した減衰力を利用するタイプのダンパー。粘性体ダンパーが代表的。

**ソフニング (softening)**

弾性体を変形させたときの荷重と変形の関係において、変形とともに剛性が低下するような現象をソフニング現象という。積層ゴムで2次形状係数の小さなものは圧縮荷重下でせん断変形させるとソフニングが生じてついには座屈に至る(ソフトニングという場合もある)。

←ハードニング

**損失係数 (loss factor)**

ゴム材料の動的特性を複素弾性率で表現した場合、実数部分を貯蔵弾性率、虚数部を損失弾性率といい、貯蔵弾性率と損失弾性率の比の値を損失係数という。損失係数は  $\tan \delta$  (タンデルタ) と呼ばれ、損失係数が大きいほど減衰性の大きい材料となる。損失係数は1サイクルで消費されるエネルギーと貯蔵される最大エネルギーの比の値に比例する量で、等価減衰定数の2倍の値に対応する。

**【た】****耐火試験 (fire resistance test)**

積層ゴムの耐火性能を評価するための試験で、JAS A 1304 (建築構造部分の耐火試験性能) に定められた荷重加熱試験性能により評価する。試験では、積層ゴムの温度上昇や外観、耐火試験前後の力学特性等が評価される。なお、積層ゴムの設置空間に可燃物が無く、また、人の出入りが無い場合は耐火性能は要求されないが、設置空間を駐車場に利用する場合は耐火性能を要求されることがある。また、積層ゴムの耐火性能を付与するため、耐熱性の優れた不燃性材料で覆う耐火被覆も実用されている。

**耐火被覆 (refractory cover)**

建物を支持する積層ゴムは可燃性なので長期に渡り炎にさらされると荷重支持性能を失うおそれがある。したがって火災の影響を受ける可能性のある中間階免震や人の出入りする駐車場等に積層ゴムが設置される場合、耐火性能を付与するため積層ゴムの周囲に耐熱性を有しかつ不燃性の無機材料 (例えばセラミックファイバー) を被覆する。この耐火被覆は地震時における積層ゴムの変形に追従し、また地震後耐火性能を維持するような構造でなければならない。耐火被覆の耐火性能は通常、2~3時間の耐火試験によって内部の積層ゴム性能に変化が生じない程度のものが要求されている。

**耐久性 (durability)**

各種環境因子の影響により経年的に製品性能がどの程度変化するかを総称。積層ゴムの場合、主に経年的な力学特性 (剛性、減衰性、変形性能) の変化やクリープの経年的変化をさす。

**耐候性 (weatherability, weather resistance)**

屋外に暴露した材料は日光や気温の変化、雨、

雪、大気中の酸素やオゾン等の作用をうけて劣化するがその際の抵抗性。

**体積弾性率 (bulk modulus)**

静水圧下での応力とひずみの比をいう。ゴム材料は非圧縮性に近い特性を持つが、厳密には圧縮性材料で、体積弾性係数は1000~3000 kN/ m<sup>3</sup>となる。ゴム材料の体積弾性率は積層ゴムの圧縮剛性や曲げ剛性を算出する際に必要となる材料定数である。

＝体積弾性係数

**縦弾性係数 (Youngs modulus)**

引張方向及び圧縮方向の応力とひずみの比を縦弾性係数という。積層ゴムの圧縮変形や曲げ変形に対する見掛けの縦弾性係数は、内部鋼板がゴム変形を拘束するため、ゴムの縦弾性係数より大きい値となるが、圧縮剛性や曲げ剛性を算出する際に必要となる材料定数である。

＝縦弾性率

**短期荷重 (temporary load)**

固定荷重、積載荷重等の常時作用する長期荷重に地震時、暴風時、積雪時等の一時的に作用する荷重を組み合わせた設計用の荷重。

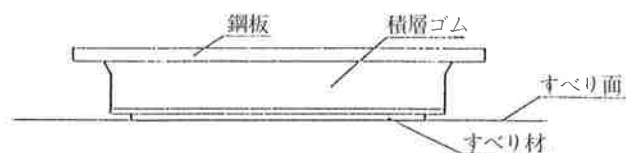
積層ゴムは特に地震時荷重及び想定される水平変形を考慮して選定される必要がある。

＝短期軸力

←長期荷重, 長期軸力

**弾性すべり支承 (elastic sliding bearing)**

積層ゴムの下面 (または上面) に P T F E 等のすべり材を貼り付けた支承で、基礎・下部構造上面 (または上部構造下面) に設けられたステンレス鋼すべり板との間ですべりを生じさせる。中小地震時には、すべりが生じずゴム支承部が変形し、また大地震時には、すべりを生じることにより地震力を低減する。

**弾塑性 (elasto-plasticity)**

弾性と塑性が複合している性質。弾塑性体を変形させると、与えたエネルギーの一部は保存され、一

部は失われる。バイリニア型のモデルはその典型的な例である。

**単調载荷 (monotonous loading)**

加力試験における加力パターンを意味し、荷重や変位を一方向に単純に増大または減少していく加力方法をいう。単調载荷による加力方法は積層ゴムの破断試験等によく用いられる。

→漸増载荷

**ダンパー (damper)**

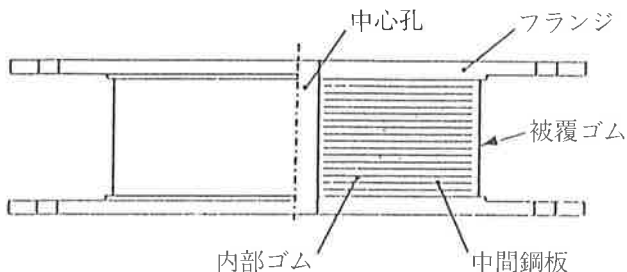
振動エネルギーを吸収する装置。地震や風のように一時的な要因により発生する建物の振動には減衰による鎮静化が必要であり、そのための特別に減衰効果を高めるための各種のダンパーが考案使用されている。積層ゴムに組み込まれているものには、鉛プラグ入り積層ゴムや高減衰積層ゴム及び弾性すべり支承がある。別途設置されるものとして、履歴ダンパー（鋼棒ダンパー、鉛ダンパー、ラバーダンパー等）、摩擦ダンパー、速度型ダンパー（粘性体ダンパー、オイルダンパー）、振り子型ダンパー等がある。

**ダンベル状試験片 (dumbbell specimen)**

ゴムの引張試験（JIS K 6251 参照）に用いられる垂鈴型の試験片で、引張強さ、伸び、引張応力を測定するために用いられる。ダンベル試験片の形状・寸法は JIS で 6 種類規定されており（1号～6号）、材料の性質により推奨する号数が示されている。

**中間鋼板 (inner plate)**

中間鋼板は内部鋼板とも呼ばれ、積層ゴムの内部に用いられる鋼板である。圧縮変形時のゴムの側面への膨み出し現象を抑え、耐荷重性を向上させる働きがある。一般的には一般構造用圧延鋼材（JIS G 3101（SS400））が用いられている。



**中心孔 (center hole)**

積層ゴムの中心部に設けられた孔。積層ゴム成型時のハンドリングや金型内での中間鋼板の位置決め、積層ゴム中心部の加熱用に用いられる。中心孔の大小は積層ゴムの性能に影響を及ぼすので、形状係数と同様に設計上の配慮を要する。

**長期荷重 (permanent load)**

固定荷重、積載荷重等を組み合わせた長時間にわたり作用する荷重。

積層ゴムは長期荷重下で起こりうるクリープ等を考慮して選定される必要がある。

＝長期軸力，設計支持荷重

←短期荷重，短期軸力

**天然ゴム (natural rubber)**

ゴム含有植物として栽培されたゴムの樹より、採取されるゴム。生ゴムは、ゴムの樹の樹皮を切り付けたとき、流出する乳液（ラテックス）を凝固・乾燥して得られる。

＝NR

←合成ゴム

**天然ゴム系積層ゴム (natural rubber bearing)**

内部ゴムとして引張強さや伸び、耐クリープ性、温度依存性、せん断弾性率の線形性にすぐれた天然ゴムを使用した積層ゴム。ゴム自体の減衰性は少なく、等価減衰定数で 2～3% 程度であるため、免震部材としては別置きダンパーと併用される。製品のせん断剛性は、せん断ひずみの影響を余り受けず安定した特性を示す。またせん断剛性は変形速度や温度のみならず、繰り返し回数等の影響が少なく安定している。

**等価減衰定数 (equivalent damping coefficient,**

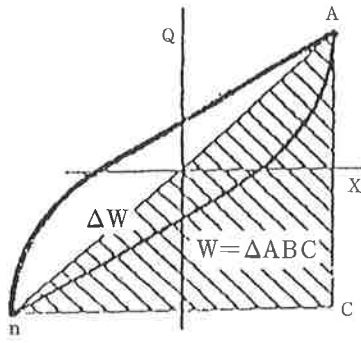
*equivalent damping ratio, equivalent damping factor)*

高減衰ゴム等の非線形な復元力特性を、等価な線形の復元力と減衰に置き換えたときの減衰のことをいう。履歴ループが囲む面積  $\Delta W$  と履歴ループの最大変位点、最小変位点を結んだ直線でできる三角形の面積  $W$  との面積比を等価減衰定数という。

$$Heq = \frac{1}{\pi} \times \frac{\Delta W}{W}$$

＝等価粘性減衰定数

←履歴減衰

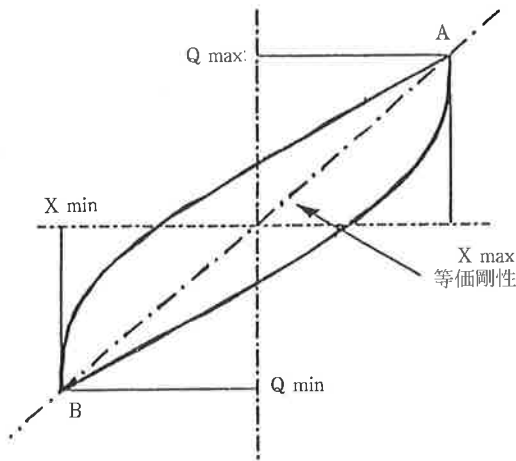


**等価剛性 (equivalent stiffness)**

免震部材の弾塑性特性等の非線形復元力特性を、等価な線形の復元力と減衰力に置き換えたときの剛性。なお、等価剛性による周期を等価周期という。

＝割線剛性

$$K_{eq} \text{ (等価剛性)} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$



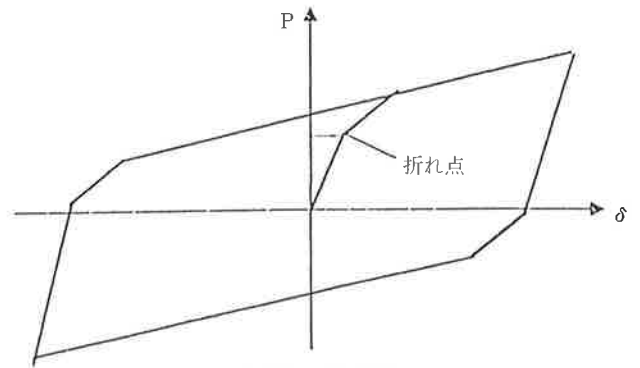
**動的試験 (dynamic test)**

地震時の積層ゴムやダンパーの応答性状を考慮して行う加力試験を意味する。積層ゴムの水平方向の地震応答を例にとると、周期2～4秒の振動が卓越するため、動的試験では、このような周期、あるいは速度での加力が行われる。積層ゴムやダンパーの力学特性が振動数や速度によって変化する場合、動的試験による特性の把握は非常に重要となる。

→静的試験

**トリリニアモデル (tri-linear model)**

荷重・変位特性が3種類の傾き(剛性)で表現されている復元力モデル。



トリリニアモデル

**【な】**

**内部ゴム (inner rubber)**

内部ゴムは、積層ゴムの内部に鋼板と交互に積層されるゴムのことであり、被覆ゴムと区別される。内部ゴムは鋼板と加硫接着され、積層ゴムの性能は主に内部ゴム材料とその厚さによって決まる。

**鉛ダンパー (lead damper)**

鉛の大変形域での繰り返し塑性変形能力が極めて高い性質を利用するものである。復元力は矩形に近い形状となり、大きな減衰性能を持つ。

**鉛プラグ入り積層ゴム (lead rubber bearing)**

天然ゴム系積層ゴムの中央部に円筒状の鉛プラグを封緘した積層ゴム。積層ゴムの変形と同時に内部の鉛が塑性変形し減衰効果を発揮するので、この支承を用いた免震構造では一般的に別置きダンパーが不要である。そのためコスト、施工性に優れる。また、強風時に必要なトリガー機能は、鉛プラグの高い初期剛性により発揮される。

**2次形状係数 (secondary shape factor)**

積層ゴムのゴム直径に対するゴム総高さの比をいい、2次形状係数  $S_2$  はゴムの直径  $D$  とゴム総高さ  $h$  を用いて次式で表わされ、積層ゴム形状の扁平性を示す尺度となる。

$$S_2 = \frac{D}{h}$$

2次形状係数は積層ゴムの水平剛性の鉛直荷重依存性や変形性能と大きく関係し、2次形状係数が大きくなると水平剛性の鉛直荷重依存性が小さく、大変形時にも相対的に安定した復元性能が得られるようになる。

**2次剛性 (secondary stiffness)**

物体に力を加えたとき、弾性域を超え降伏後の塑性域における剛性をいう。鉛プラグ入り積層ゴムや天然ゴム系積層ゴム+鋼棒ダンパー等で、バイリニアモデルで表わす場合、鉛や鋼棒の降伏後の剛性を表わし、ほぼ積層ゴムの剛性に近い。

=降伏後剛性

**熱老化 (heat aging)**

ゴムの老化の環境要因である熱によってゴムの酸化、劣化が促進され、軟化、硬化、亀裂等の外観変化と物性変化を伴う現象。

**粘性型ダンパー (viscous damper)**

高粘性材料のせん断抵抗力を利用して、水平平面内の任意方向の大変形に対して追従して振動を制御する型と制震壁等のように鉛直平面内の1方向の大変形に対して振動を制御する型のダンパーがある。せん断抵抗力の発生機構は、粘性体のせん断変形に伴う抵抗力を利用するもので、粘性体と金属板の隙間の大きさの調整によって行なっている。

**粘性減衰 (viscous damping)**

流体の粘性によって生ずる抵抗力による振動の減衰をいうが、一般的には抵抗力(減衰力)が速度に比例するものを粘性減衰という。粘性減衰力F、速度vとしたとき  $F = -c v$  の関係が成立し、このときのcを粘性減衰係数と呼ぶ。

**粘弾性 (viscoelasticity)**

応力の緩和を伴う粘性流動と弾性変形が同時に観察される現象をいう。一般に高分子溶液やゴムには顕著に観察される。マックスウェルモデル、フォークトモデルはその最も簡単なモデルである。

**【は】**

**ハードニング (hardening)**

一般にゴム材料の応力-ひずみ特性は低ひずみ領域ではソフトスプリング特性を示し、200~300%領域からひずみの増加に伴い急激に応力が増加する逆S特性を示す。この急激に応力が増加する現象をハードニング現象と称し、積層ゴムにおいてもあるせん断ひずみ領域から急激にハードニングが起こりやがて破断に至る。ハードニングの程度はゴム材料の特性及び2次形状係数に影響され、ゴム材料が硬いほど、また2次形状係数が大きいほどハードニ

ングを起こしやすい。

=ひずみ硬化

←ソフニング

**配合 (compounding)**

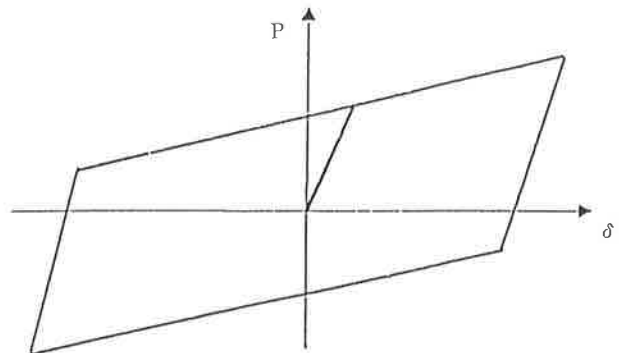
要求性能を満足するように、原料ゴムに所定の種類と量の配合剤を処方する操作または処方した内容。積層ゴム等の製造を製作する前に要求性能に応じて決定する。

**配合剤 (compounding ingredient)**

加工特性や製品の要求性能を満足させるため、原料ゴムに混合して使用される材料。製品の品質に見合った価格への調整の目的で配合する場合もある。補強剤、可塑剤、酸化防止剤、加硫剤等の総称。

**バイリニアモデル (bilinear model)**

免震部材を漸増载荷するとき復元力特性が2本の直線で表される履歴モデル。復元力特性が3本の直線で表されるものをトリリニアモデル、降伏後の剛性が0であるものを完全弾塑性型モデルという。



バイリニアモデル

**Haringx 理論 (Haringx theory)**

弾性体に圧縮荷重と水平荷重が作用しているときの変形量を定式化した理論。これをもとに、積層ゴムの圧縮荷重時の水平ばね定数の理論式が得られる。

高さhの弾性体に圧縮荷重Pが作用したときの水平ばね定数  $K_h$  は以下の式によって求められる。

$$K_h = \frac{P_2}{2 \alpha q \cdot \tan\left(\frac{q h}{2}\right) - P h}$$

$$q = \sqrt{\frac{P}{\alpha} \cdot 1 + \frac{P}{\beta}}$$

ただし  $\alpha = EI$  ( $E$ :ヤング率、 $I$ :断面2次モーメント)  
 $\beta = GA$  ( $G$ :せん断弾性係数、 $A$ :断面積)

### 非圧縮性 (*incompressibility*)

ゴム材料に圧縮または引張方向に伸張・圧縮した場合、ゴムの体積が一定となるように変形することを非圧縮性と言い、ポアソン比  $\nu = 0.5$  に相当する。ゴムの場合は、 $\nu = 0.499$ 程度、樹脂では  $\nu = 0.3 \sim 0.4$  の値をとる。

＝ポアソン比

←圧縮性

### ひずみ (*strain*)

外力により物体が変形した場合の単位量当たりの変形量をいうが、積層ゴムについては、積層ゴムの変形量をゴム総高さで除した平均的な値が慣用的に用いられる。積層ゴムの変形に応じて、圧縮ひずみ、引張ひずみ、せん断ひずみ等の用語がある。

### ひずみ依存性 (*shear strain dependency, strain dependency*)

積層ゴムの水平特性等が、せん断ひずみの違いによって変化する度合いをいう。

高減衰積層ゴムや鉛プラグ入り積層ゴム等では等価剛性、等価減衰定数、降伏荷重特性値等がせん断ひずみに大きく依存するため、解析モデルはひずみに応じてバイリニアーループを修正する修正バイリニアモデルが用いられる。

これに対して天然ゴム系積層ゴムではゴムの非線形性によって比較的小さいせん断ひずみ（おおむね50%前後以下）や高ひずみ領域（250%前後以上の場合が多い）ではやや非線形の傾向を示すが、その中間の幅広いひずみ領域での水平剛性はほぼ一定値を示すため、モデルは直線で近似される。

＝せん断ひずみ依存性、振幅依存性

### 引張剛性 (*tensile stiffness*)

免震部材が引張力を受けたときの変形に対する抵抗の度合い、すなわち変形のしにくさの度合いをいう。単位の変形を生じさせるのに必要な力の大きさで表す。

＝引張ばね定数

←圧縮剛性、鉛直剛性

### 引張降伏荷重 (*tensile yielding load*)

積層ゴムのよう上下を鋼板等で拘束されたゴム

材料を引張方向に伸張した場合、その荷重-変形関係は、微小変形領域で線形的な挙動を示すが、ある荷重に達すると鋼材の降伏現象と同様に変形のみが急激に大きくなる。このときの荷重値を引張降伏荷重という。これは、引張変形に対して、ゴムの体積が一定になろうとする変形を上下の鋼板が拘束するために、ゴム内部が真空状態となり、ゴム内に含まれていた微妙な空隙が球状（ボイド状）に拡大するために起こる現象である。

＝引張降伏応力

### 引張試験 (*tensile test*)

ゴム材料の代表的な試験の一つであり、ダンベル状またはリング状のゴム試験片を破断するまで引張り、そのときの最大引張力を試験片の断面積で除した引張強さ、切断時伸び、さらに所定の引張ひずみ時の引張応力が評価される（JIS K 6251 参照）。また、積層ゴムに引張力を与える加力試験も意味し、積層ゴムの引張試験では単純な引張試験に加えて一定のせん断ひずみを与えた状態で引張試験や一定の引張荷重を与えた状態でせん断変形を与える試験も行われている。

### 被覆ゴム (*surface rubber*)

積層ゴムの内部ゴムや内部鋼板等を長期にわたって酸素、オゾン、紫外線、水等から保護するために、積層ゴム側面に形成したゴム層をいう。被覆ゴムは耐候性に優れた合成ゴムが用いられる場合が多く、その厚みは10mm程度が一般的になっている。

＝保護ゴム、外皮ゴム

→内部ゴム

### 不均質酸化 (*heterogeneous oxidation*)

一定状況下にある物体の酸化状態が、その物体内の部位ごとで等しくならない場合をいう。積層ゴム等の厚肉製品の場合、数10年～100年の長い年月空気中に放置されると表面部分は相当な酸化劣化を示すが内部はほとんど酸化劣化を受けていないという状態を示すが、これは不均質酸化の代表的な例といえる。この現象は表面の酸化層がさらなる酸化を受け易いためその部位で酸素を消費し、内部への酸素の拡散を防ぐためといわれている。

### 復元力 (*restoring force*)

物体に力かけると変形する。その際変形を元に戻そうとして物体内に生ずる力のこと。力と変形の



関係を復元力特性といい、それらが比例関係にあれば線形といい、そうでない場合は、非線形という。積層ゴムの場合、地震後原位置に戻るという意味で重要な性能である。

#### ブラスト (blasting)

ゴムとの接着性を良くするために、研磨材を鋼板表面に噴射させることにより、錆を除去し、活性のある強固な酸化皮膜を形成させ、かつ表面に適度な凹凸を与える操作。グリッドと呼ばれる鋳鉄製の粒子を用いるショットブラスト、砂の粒子を用いるサンドブラスト等がある。

#### フランジ (flange plate)

積層ゴムを構造物に設置する際、構造物側のベースプレートにボルトで締結するための鋼板。積層ゴムには、取付フランジと連結鋼板が一体となったフランジ一体型と、取付フランジと連結鋼板をボルトで固定するフランジ組立型がある。

#### 別置試験体 (rubber bearing specimen for maintenance)

免震建築に使用される積層ゴムの耐久性を評価する目的で、設置された積層ゴムの近くに実大または縮小サイズの同種の積層ゴムを放置し、積層ゴムの性能変化を経年的に追跡するための試験体。仮に別置試験体が予想した以上の性能変化を示した場合には、実敷設の積層ゴムを交換する等の何らかの処置を行うことを検討するための試験体で、維持管理の一環として扱われている。

#### ボイド (void)

ゴムやプラスチックの内部に何らかの原因によって生成された空隙状の欠陥の総称。積層ゴムでよく使われる例は、積層ゴムに引張力をその弾性限界を超えて与えたとき、積層ゴムは接着によって鋼板に拘束されているので、積層ゴム内部に空隙が発生し、引張ひずみの増加とともにボイドは成長し、最終的には破断が生じ、その破断面には無数のボイドが生じている。

#### 補強剤 (reinforcing agent)

原料ゴムに添加し、加硫ゴムの物理的強度を向上させる物質。カーボンブラック、ホワイトカーボン等がある。積層ゴムの場合にはカーボンブラックが使われている。

#### 【ま】

#### 摩擦ダンパー (friction damper)

履歴型ダンパーの一つで、2面間の固体摩擦を利用する。皿ばね等のばね力で面圧を調節し摩擦力を制御するように工夫されているのが一般的である。

#### 摩擦振り子型支承 (frictional pendulum isolation system)

復元力を持ったすべり支承。すべり材が付いた回転可動部と保持部、及び球面をした相手板から構成される。凹球面上で可動部が振り子のように動き、支承にかかる重量に関係なく曲率により周期が決まる。減衰はすべりの摩擦力により得られる。米国で開発された免震部材である。

#### 摩擦力 (friction force)

ある材料A相対する材料B (同種材Aでも良い) を一定の力で押しつけながら、横方向へ滑らせるときに必要な力。この押しつける力Fと滑らせるときに必要な力Pの比を摩擦係数 $\nu$ という。この摩擦係数は押しつけ力や動かす速度によって変化する傾向を持つ。

$$\nu = \frac{P}{F}$$

#### ミクロブラウン運動 (micro-Brownian motion)

高分子がガラス転移温度以上において、その構成要素の熱運動により分子の形が変化している現象をいう。架橋ゴムでは、網目鎖分子間の相対的な位置が変化せずに、室温で構成要素が活発に熱運動をしているために、応力を除いた直後に系のエントロピーが増大して、ほぼ元の形状に戻るゴム状弾性が発現する。

#### 面圧依存性 (bearing stress dependency)

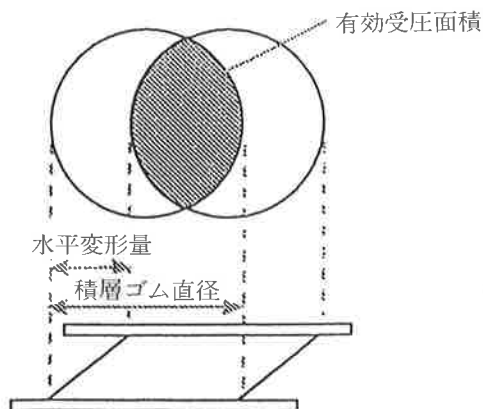
積層ゴムに作用する軸力(鉛直荷重)を受圧面積で除した鉛直方向の応力度を面圧といい、積層ゴムの鉛直特性及び水平特性において、面圧の大きさによって剛性や減衰が変化する度合いをいう。一般的に面圧が大きくなると鉛直剛性は上昇し、水平剛性は低下する傾向を示す。

＝鉛直荷重依存性、軸力依存性

【や】

有効受圧面積 (effective cross section area)

積層ゴムの上下面を同一平面状に投影したときに重なり合う部分の面積をいう。有効受圧面積は、海外の橋梁用ゴム支承の設計で導入された考え方で、水平変形に伴う荷重支持面積の変化として扱われる。



溶融亜鉛めっき (hot dip galvanizing)

溶融状態の亜鉛に被処理物を浸漬し、鉄と亜鉛の合金化反応によりめっき皮膜を生成させるめっき方法。めっき表面に緻密な亜鉛酸化物の薄膜が生成し腐食の進行を抑える保護作用と、イオン化傾向の差により亜鉛が溶解し、鉄の腐食を抑制する犠牲防食作用を兼ね備え、防食性に優れ、最も経済的な鉄鋼材料の防食方法である。積層ゴムフランジの防錆法の一つとして使われている。

【ら】

力学的特性 (mechanical property)

主に積層ゴムの荷重－変形関係における力学的な特性を表すのに用いる。例えば、積層ゴムの荷重－変形履歴や剛性、減衰特性、またこれらの特性に関連するひずみ依存性、鉛直荷重依存性、速度依存性、温度依存性及び破断限界等である。また、ダンパーでも同様な評価が行われている。

履歴型ダンパー (damper of hysteresis type,

hysteretic damper)

材料の塑性変形や摩擦を利用し、変形履歴に伴うエネルギー消費によって減衰性能を得るもの。鋼材ダンパー、鉛ダンパー、摩擦ダンパー等が実用化されている。

履歴曲線 (hysteresis loop)

積層ゴムに変形を与えたときの荷重－変形の関連を示す軌跡を履歴曲線という。

＝履歴特性、荷重－変位曲線

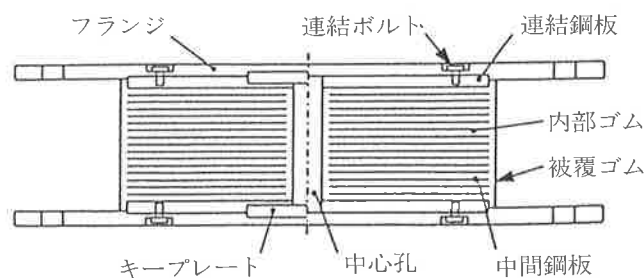
冷間接着型積層ゴム (stacked type rubber

bearing)

基本構造は、従来の加硫接着タイプの積層ゴムと同じであるが、予め加硫成型した内部ゴムシートと鋼板を冷間接着することによって加硫接着タイプと同様の基本性能を得ようとするものである。冷間接着することによって、大変形領域でのハードニング現象がなくなる。

連結鋼板 (outer plate)

積層ゴムの上下に加硫接着されている比較的厚みのある鋼板。構造物にはさらにフランジを介して固定される。



老化 (aging)

長期間の使用により、材料が機械的強度低下、亀裂、軟化、硬化、脆化を生じて初期の特性を維持できなくなる現象をいう。老化の原因としては、大気(酸素、オゾン等)、日光、水、熱、微生物等の諸要因が考えられる。ゴムの場合は、その種類により劣化の状況は大きく異なる。

＝劣化

老化防止剤 (age-resister)

材料は種々の環境因子により次第に老化していく。この材料が長期間の使用により老化する現象を遅延させる目的で添加する薬剤をいう。環境劣化の因子が特に酸素である場合の老化防止剤は酸化防止剤と呼ばれる。

# 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)

※ BCJ 免521～免714までです。

JSSI ホームページでも同じ内容をご覧いただけます(但し、正会員・準会員専用ページ)。  
間違いがございましたら、お手数ですが FAX 又は Mail にてお知らせください。また、より一層の充実を計るため、会員の皆様からの情報をお待ちしておりますので宜しくお願い致します。

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

FAX : 03-3239-6580 E-Mail : [jssi@jssi.or.jp](mailto:jssi@jssi.or.jp)

No.	BCJ	完了年月日	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建物概要				用途	建設地	免震部材	
										建築面積(m <sup>2</sup> )	延べ床面積(m <sup>2</sup> )	軒高(m)	最高高さ(m)				
582	免521	1998/3/27	(仮称)市民防災啓発センター等複合施設	日本設計	日本設計	未定	RC	5	—	1,615	4,864	24.63	28.98	防災啓発センター コミュニティーセンター(事務所 公民館・劇場 公衆浴場) 事務所	千葉県 佐倉市	高減衰	
583	免522	1998/3/27	釧路商工信用組合本店	北海道日建設計	北海道日建設計	未定	SRC RC	7	1	525	3,415	23.15	32.25	事務所	北海道 釧路市	天然ゴム 鉛 鋼棒	
584	免523	1998/3/27	(仮称)東急ドエルアルス 鷺沼駅前新築工事	東急設計コンサル タント	東急設計コンサル タント	未定	RC	14	—	729	7,898	43.55	47.35	共同住宅 店舗	神奈川県 川崎市	L R B 天然ゴム	
585	免524	1998/3/27	(仮称)七十七銀行千石住宅 新築工事	大林組	大林組	大林組	RC	11	1	478	4,743	32.60	37.80	共同住宅	東京都 文京区	L R B 天然ゴム	
586	免525	1998/3/27	大府市庁舎建設工事	日建設計	日建設計	未定	SRC (一部 S)	6	1	3,369	15,409	27.48	31.00	庁舎	愛知県 大府市	天然ゴム 鉛 鋼棒	
587	免527	1998/4/24	都立文京盲学校(10)校舎 改築工事		相和技術研究所	未定	RC	6	2	1,878	6,995	29.10	29.70	学校 寄宿舎	東京都 文京区	L R B 天然ゴム 鋼棒	
588	免528	1998/4/24	第一製薬㈱ 新東京物流センター建設工事	鹿島建設	鹿島建設	鹿島建設	S	1	—	2,191	13,144	29.90	31.50	物流センター	埼玉県 吉川市	高減衰	
589	免529	1998/4/24	国立国会図書館支部 上野図書館	建設省関東地方建 設局 日建設計	建設省関東地方建 設局 日建設計	未定	レンガ RC	7	1	1,830	6,590	21.40	26.24	図書館	東京都 台東区	天然ゴム 鉛	
590	免530	1998/4/24	金沢大学医学部附属病院棟 新営工事		金沢大学施設部 佐藤総合計画	清水・真柄・松井JV	SRC S	10	1	3,717	39,253	42.00	47.30	病院	石川県 金沢市	天然ゴム 鉛 鋼棒	
591	免531	1998/4/24	九州大学医学部附属病院博 診療棟新営工事		教育施設研究所 塩見設計	竹中・大林・九州特 定建設工事JV	SRC S (柱 CFT)	11	1	6,298	59,331	52.20	56.00	総合病院	福岡県 福岡市	天然ゴム 鉛 鋼棒	
592	免532	1998/4/24	松山市保健所・消防合同庁舎 新築主体工事		日本設計	未定	RC (一部 S)	6	1		6,716		29.60			愛媛県 松山市	
593	免533	1998/4/24	(仮称)大阪鉄道病院 新築工事		ジェー・オール西日本 コンサルタンツ 東京建築研究所	未定	RC (一部 S)	9	1	3,976	24,769	37.90	47.20	総合病院	大阪府 大阪市	天然ゴム L R B 鋼棒	
594	免534	1998/4/24	十六銀行事務センター 増築工事	日建設計	日建設計	清水建設	SRC RC	7	—	1,065	7,483	30.50	39.55	電算センター 店舗	岐阜県 岐阜市	天然ゴム 鉛	
595	免535	1998/5/22	水島建設工業(株)独身寮 新築工事		水島建設工業 総研設計	水島建設工業	W (在来 軸組)	2	—		165		6.50			北海道 砂川市	
596	免536	1998/5/22	フレンズえびな増築工事	エヌ・ティ・ティ・ファン リテイーズ	共立建設	共立建設	RC	6	1	173	852	17.80	18.95	共同住宅	神奈川県 海老名市	高減衰	
597	免537	1998/5/22	国立長崎中央病院 整備工事		厚生省保険医療局 国立病院部経営指 導課 安井建築設計事務 所	未定	SRC RC	10	1		44,970		46.50			長崎県 大村市	
598	免538	1998/5/22	山北町新庁舎建設工事		日建設計	清水建設	RC (一部 P C)	4	1		5,037		26.50			神奈川県 足柄上部	
599	免539	1998/5/22	鳥取ガスLNGサテライト 基地管理棟新築工事	白虎設計事務所	白虎設計事務所 大林組	大林組	S (一部 SRC)	3	—	261	772	13.70	14.44	事務所 作業場	鳥取県 鳥取市	天然ゴム オイルダンパー	
600	免540	1998/5/22	Nツアーグループビル (仮称)新築工事	全国農協設計	全国農協設計 T&Aアソシエイツ 免震エンジニアリ ング	未定	SRC (一部 S)	9	2	818	7,269	36.20	40.80	事務所	東京都 千代田区	天然ゴム L R B	

No.	BCJ	完了年月日	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建物概要				用途	建設地	免震部材
										建築面積(m <sup>2</sup> )	延べ床面積(m <sup>2</sup> )	軒高(m)	最高高さ(m)			
601	免541	1998/5/22	田中貞良邸新築工事	スベリオホーム	住友建設	住友金属山住友建設	S	2	-	97	160	6.50	8.35	住宅(専用住宅)	神奈川県横浜市	C L B 高減衰
602	免542	1998/5/22	釧路地家裁建築工事	北海道開発局営繕部	北海道開発局営繕部	未定	R C	5	1	1,568	8,170	22.45	27.35	事務所(裁判所)	北海道釧路市	L R B
603	免543	1998/5/22	(仮称)ドラゴンマンション 海浜幕張老番館新築工事		日本設計 間組	間組	R C	10	-		4,220	29.20			千葉県千葉市	
604	免544	1998/5/22	(仮称)明電舎名古屋事業所 事務棟	日建設計	日建設計	未定	R C (一部 P C)	10	-	1,385	11,996	42.80	47.50	事務所	愛知県西春日井郡	天然ゴム 鉛 鋼棒 高減衰
605	免545	1998/6/19	日本PMC株式会社千葉 研究所新築工事	第一工房	構研技術コンサルタント	未定	S R C R C S	3	-	911	2,510	14.23	16.17	研究所	千葉県千葉市	
606	免546	1998/6/19	(仮称)古谷マンション 新築工事	荒井組	T・R・A	荒井組	R C	6	-	776	3,732	16.49	17.70	賃貸住宅	東京都福生市	高減衰 弾性滑り支承
607	免547	1998/6/19	(仮称)特別介護老人ホーム 「ベルホーム」・ケアハウス 「ベルハウス」等新築 工事		金箱構造設計事務所	未定	R C	3	-		3,801	12.40			埼玉県鳩ヶ谷市	
608	免548	1998/6/19	株式会社エンチャー 本社 新築工事		熊谷組	熊谷組	R C	4	-		4,533	14.60			静岡県富士市	
609	免549	1998/6/19	(仮称)三谷研究所・保管棟 増築工事	日本設計	日本設計	未定	R C	2	-	232	423	8.20	8.90	事務所(データ)	石川県能美郡	球面滑り支承
610	免550	1998/6/19	(仮称)パークシティ市名坂 C棟新築工事	東海興業 彰建築設計事務所	東海興業 彰建築設計事務所	東海興業	R C	11	-	719	6,693	31.96	37.18	共同住宅	宮城県仙台市	高減衰
611	免551	1998/6/19	幕張ベイタウングランパティオス公園西の街(2期)増築工事(C棟)	U G都市建築 隈研吾建築設計事務所	フジタ	フジタ	R C	14	1	622	7,174	45.30	49.55	共同住宅(分譲)	千葉県千葉市	L R B 天然ゴム
612	免551	1998/6/19	幕張ベイタウングランパティオス公園西の街(2期)増築工事(D棟)	U G都市建築 隈研吾建築設計事務所	フジタ	フジタ	R C	14	1	919	12,400	45.30	49.55	共同住宅(分譲) 店舗(一部)	千葉県千葉市	L R B
613	免552	1998/6/19	兵庫県新美術館芸術の館(仮称)		木村俊彦構造設計事務所	未定	R C (一部 SRC)	4	1		27,035	19.80			兵庫県神戸市	
614	免553	1998/6/19	(仮称)中筋マンション 新築工事	熊谷組	熊谷組	熊谷組	R C	8	-	299	1,785	26.65	33.45	共同住宅	広島県広島市	高減衰 鉛
615	免554	1998/7/24	(仮称)藤崎住宅新築工事 [南街区]南棟	大建設計	大建設計	未定	R C	14	-	1,511	15,855	40.80	46.00	共同住宅(分譲)	神奈川県川崎市	天然ゴム 鋼棒 鉛
616	免554	1998/7/24	(仮称)藤崎住宅新築工事 [南街区]西棟	大建設計	大建設計	未定	R C	13	-			37.95	39.15	共同住宅(分譲)	神奈川県川崎市	天然ゴム 鋼棒 鉛
617	免554	1998/7/24	(仮称)藤崎住宅新築工事 [南街区]東棟	大建設計	大建設計	未定	R C	14	-			40.80	42.00	共同住宅(分譲)	神奈川県川崎市	天然ゴム 鋼棒 鉛
618	免554	1998/7/24	(仮称)藤崎住宅新築工事 [北街区]北棟	大建設計	大建設計	未定	R C	14	-	843	9,282	40.50	45.20	共同住宅(賃貸)	神奈川県川崎市	天然ゴム 鋼棒 鉛
619	免555	1998/7/24	A N 1 プロジェクト 新築 工事		シティコンサルタンツ	未定	R C	6	-	846	3,762	21.61	26.11	事務所 共同住宅	秋田県秋田市	天然ゴム 鋼棒 鉛
620	免556	1998/7/24	(仮称)メディウス長後 新築工事	柴田建設設計事務所	創建設計事務所 免震エンジニアリング	日広建設	R C	13	-	273	2,853	37.50	37.90	共同住宅 店舗	神奈川県藤沢市	L R B
621	免557	1998/7/24	神戸 F R T C 計画		清水建設	清水建設	R C	2	1		512	6.30			兵庫県神戸市	
622	免558	1998/7/24	(仮称)和光富澤ビル	川口土木建築工業	川口土木建築工業 翔建構造設計事務所	未定	R C	7	-	498	2,590	19.72	21.12	共同住宅	埼玉県和光市	天然ゴム 鋼棒 鉛
623	免559	1998/7/24	(仮称)プリチストン横浜工場 Y T C 新築工事	久米設計	久米設計	未定	S R C S	8	-	1,929	15,010	30.45	35.43	工場附帯施設(主用途事務所)	神奈川県横浜市	L B R 摩擦減衰 付加型高減衰
624	免560	1998/7/24	大野昭伸・房男邸	一条工務店	一条工務店	一条工務店	W (在来軸組)	2	-	92	148	6.89	8.50	専用住宅	静岡県静岡市	天然ゴム 滑り支承
625	免561	1998/7/24	渡辺正男邸	一条工務店	一条工務店	一条工務店	W (在来軸組)	2	-	70	124	6.66	8.30	専用住宅	静岡県清水市	天然ゴム 滑り支承

No	BCJ	完了年月日	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建 物 概 要				用途	建設地	免震部材
										建築面積(m <sup>2</sup> )	延べ床面積(m <sup>2</sup> )	軒高(m)	最高高さ(m)			
626	免562	1998/7/24	(仮称)清の口共同住宅新築工事	エヌ・ティ・ティ・フアンリテイーズ	エヌ・ティ・ティ・フアンリテイーズ	安藤建設	RC	13	—	671	6,392	37.70	43.50	共同住宅	神奈川県川崎市	LRB
627	免563	1998/7/24	(仮称)大東製機三島工場事務棟新築工事	渡辺建築事務所	渡辺建築事務所	住友建設	RC	5	—	366	1,730	19.05	24.01	事務所	静岡県駿東郡	CLB LRI
628	免564	1998/7/24	(仮称)日野市立病院建設工事	久米設計	久米設計	未定	RC	7	2	4,843	25,971	26.10	33.60	病院	東京都日野市	天然ゴム 鋼棒 鉛
629	免565	1998/9/25	三菱倉庫名古屋ダイヤビルディング3号館新築工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	8	1		9,548	34.50			愛知県名古屋	
630	免566	1998/9/25	(仮称)海辺ニュータウンR-2マンション新築工事(A棟)		長谷工コーポレーション	長谷工コーポレーション	RC	11	—		5,821	32.60			神奈川県横須賀市	
631	免566	1998/9/25	(仮称)海辺ニュータウンR-2マンション新築工事(B棟)		長谷工コーポレーション	長谷工コーポレーション	RC	11	—		6,359	31.70			神奈川県横須賀市	
632	免567	1998/9/25	岡田マンション新築工事		総研設計	未定	RC	3	—		578	8.60			東京都台東区	
633	免568	1998/9/25	学校法人産能大学自由が丘キャンパス1号館新築工事		織本匠構造設計研究所	未定	RC	7	2		16,019	29.20			東京都世田谷区	
634	免569	1998/9/25	原町赤十字病院		山下設計	未定	RC	8	1		14,542	30.00			群馬県吾妻郡	
635	免570	1998/9/25	総合病院新宮市立市民病院移転新築工事		山下設計	未定	RC	6	1		21,598	27.90			和歌山県新宮市	
636	免571	1998/9/25	まつの屋ビル新築工事		日建設計	未定	RC	8	1		1,397	26.20			東京都台東区	
637	免572	1998/9/25	(仮称)湖北芸術文化村松江ティファニー美術館		日建設計	未定	RC	2	—		2,237	12.20			鳥取県松江市	
638	免573	1998/10/23	甲府共立病院建て替え工事		中央設計	未定	RC	10	1		12,615	37.80		病院	山梨県甲府市	
639	免574	1998/10/23	ロージュ道後		シャトー企画設計事務所(フジタ)	未定	RC	15	—		3,609	42.20			愛媛県松山市	
640	免575	1998/10/23	東邦ガス緑浜工場管理センター計算機室棟		青島設計	未定	PC RC	3	—		1,636	15.10			愛知県知多市	
641	免576	1998/10/23	苑田第一病院新築工事		五洋建設	未定	RC	10	—		1,196	34.80		病院	東京都足立区	
642	免577	1998/10/23	(仮称)小田急ロード座間新築工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	14	—		4,508	40.40			神奈川県座間市	
643	免578	1998/10/23	吉野ビル新築工事		吉田工務店 鹿島建設	吉田工務店	S	3	—		411	9.60			栃木県宇都宮市	
644	免579	1998/10/23	(仮称)第4吉田ビル新築工事		熊谷組	熊谷組	RC	5	—		1,181	14.50			千葉県千葉市	
645	免580	1998/10/23	(仮称)西久保マンションII新築工事		東急工建	東急工建	RC	14	—		6,023	41.70			神奈川県茅ヶ崎市	
646	免581	1998/10/23	(仮称)総研本社平河町ビルII		中山構造研究所 日本免震研究センター 福岡大学高山研究室(協力)	未定	RC	6	—		932	18.80			東京都千代田区	
647	免582	1998/10/23	第一製薬東京研究開発センター新テクノロジー研究棟新築工事		清水建設	清水建設	SRC S	7	—		10,378	33.60			東京都江戸川区	
648	免583	1998/10/23	静岡県労働金庫情報システムセンター(仮称)新築工事		エヌ・ティ・ティ・フアンリテイーズ	未定	RC	6	—		5,284	25.50			静岡県静岡市	
649	免584	1998/10/23	労働福祉事業団東京労務病院		日本設計	未定	RC (一部RC PC)	7	1		25,702	29.80			東京都大田区	
650	免585	1998/10/23	富士吉田市新市立病院		日建設計	未定	RC	5	1		21,999	26.80			山梨県富士吉田市	

No	BCJ	完了年月日	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建物概要				建設地	免震部材
										建築面積(m <sup>2</sup> )	延べ床面積(m <sup>2</sup> )	軒高(m)	最高高さ(m)		
651	免586	1998/11/20	株式会社潤工社KOC 第1期工事		フジタ	フジタ	RC	7	—		17,395	32.00		茨城県 笠間市	
652	免587	1998/11/20	真宗大谷派林光寺車裡 免震化工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	3	1		434	10.90		東京都 台東区	
653	免588	1998/11/20	(仮)サンクルーズ新築工事		アーキテクノ研究所	未定	RC	4	—		2,293	10.30		埼玉県 川越市	
654	免589	1998/11/20	東洋情報システム大阪 センター免震ビル増築工事		大林組	未定	RC	5	—		1,840	20.80		大阪府 吹田市	
655	免590	1998/11/20	日本大学理工学部船橋校舎 3号館免震補強工事		大成建設	大成建設	RC	4	1		3,061	15.90		千葉県 船橋市	
656	免591	1998/11/20	(仮称)北陸銀行新事務 センター新築工事		日建設計	未定	SRC (一部 梁S)	6	—		9,806	29.60		富山県 富山市	
657	免592	1998/12/18	大阪市中央公会堂保存・再 生工事		平田建築構造研究所 東京建築研究所 (設計協力)	未定	S レンガ	3	1		8,000	19.50		大阪府 大阪市	
658	免593	1998/12/18	(仮称)松尾建設(株)鳥栖ビル 新築工事		松尾建設	松尾建設	RC	3	—		859	10.90		佐賀県 鳥栖市	
659	免594	1998/12/18	衛生研究所新築工事		伊藤喜三郎建築研 究所	未定	RC	3	—		8,855	18.90		神奈川県 茅ヶ崎市	
660	免595	1998/12/18	(仮称)大阪明治生命館		竹中工務店	竹中工務店 他5社	地上: S 地下: RC (一部 SRC)	14	3		33,766	59.40		大阪府 大阪市	
661	免596	1998/12/18	(仮称)白洋舎不動産 京都ビル		竹中工務店	竹中工務店	RC SRC	11	1		885	29.60		京都府 京都市	
662	免597	1998/12/18	パークマンション九品寺 新築工事		五洋建設	五洋建設	RC	14	—		7,169	41.40		熊本県 熊本市	
663	免598	1998/12/18	10-静岡国道工事事務所 庁舎建築工事		建設省中部地方建 設局 日本設計	未定	RC (一部 PC)	4	—		3,938	17.20		静岡県 静岡市	
664	免599	1998/12/18	九段郵便局庁舎・九段宿舍 耐震改修その他工事		住友建設	住友建設	RC SRC	10	—		7,696	29.90		東京都 千代田区	
665	免600	1998/12/18	総合保健福祉センター 建設工事		日立建設設計	未定	RC	4	—		4,246	14.10		神奈川県 足柄下郡	
666	免601	1998/12/18	鈴木幸喜邸新築工事		一条工務店 プリヂストン 日本システム設計	一条工務店	W (在来 軸組)	2	—		165	6.90		静岡県 浜松市	
667	免602	1998/12/18	(仮称)フリーアコーポ レーション 名古屋支店新築工事		清水建設 積水化学工業	清水建設	S	2	—		157	6.10		愛知県 名古屋市中	
668	免603	1998/12/18	パークシティ横濱星川C棟		竹中工務店	竹中工務店	RC	14	—		5,161	40.80		神奈川県 横浜市	
669	免604	1998/12/18	神戸柏井ビル新築工事		竹中工務店	竹中工務店	RC	8	—		1,148	32.50		兵庫県 神戸市	
670	免605	1998/12/18	NIT DoCoMo 岐阜ビル (仮称)新築工事		エム・ティ・ティファン リタイズ	未定	S SRC RC	9	1		19,509	38.50		岐阜県 岐阜市	
671	免606	1998/12/18	(仮称)浜本ビル新築工事		奥村組	奥村組	RC	9	—		2,192	26.10		広島県 広島市	
672	免607	1998/12/18	(仮称)高輪グランドヒルズ		日建ハウジングシ ステム	熊谷組	RC	15	1		4,678	46.00		東京都 港区	
673	免608	1998/12/18	海老名東船ヶ谷分譲共同住宅 (第1期及び第2期)新築工事 (A棟)		フジタ	フジタ	RC	13	1		14,223	37.70		神奈川県 海老名市	
674	免608	1998/12/18	海老名東船ヶ谷分譲共同住宅 (第1期及び第2期)新築工事 (B棟)		フジタ	フジタ	RC	13	1		10,384	37.70		神奈川県 海老名市	
675	免609	1998/12/18	神奈川大学(仮称)第3・4号館		日建設計	未定	RC (一部 PRC)	8	2		20,856	30.10		神奈川県 横浜市	

No	BCJ	完了年月日	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建物概要				建設地	免震部材
										建築面積(m <sup>2</sup> )	延べ床面積(m <sup>2</sup> )	軒高(m)	最高高さ(m)		
676	免610	1998/12/18	東生病院移転新築工事		日建設計	未定	SRC	9	1		54,600	38.30		愛知県 安城市	
677	免611	1998/12/18	(仮称)パブリデンス浦和 上木崎建設工事(A棟)		戸田建設	戸田建設	RC	11	—		4,238	32.00		埼玉県 浦和市	
678	免611	1998/12/18	(仮称)パブリデンス浦和 上木崎建設工事(B棟)		戸田建設	戸田建設	RC	14	—		9,543	40.60		埼玉県 浦和市	
679	免611	1998/12/18	(仮称)パブリデンス浦和 上木崎建設工事(C棟)		戸田建設	戸田建設	RC	6	—		1,895	17.70		埼玉県 浦和市	
680	免611	1998/12/18	(仮称)パブリデンス浦和 上木崎建設工事(D棟)		戸田建設	戸田建設	RC	14	—		5,670	40.60		埼玉県 浦和市	
681	免612	1998/12/18	(仮称)I邸新築工事		住友建設	住友建設	S	2	1		200	6.90		東京都	
682	免613	1998/12/18	公立学校共済組合新本部 事務所新築工事		教育施設研究所	未定	SRC	10	1		12,732	41.30		東京都 千代田区	
683	免614	1999/1/22	山崎町防災コミュニティー センター 新築工事		エヌ・ティ・ティ・ファン リティーズ	未定	RC (一部 PC)	5	—		3,479	25.70		兵庫県 宍粟郡	
684	免615	1999/1/22	(仮称)仙台市休日夜間 急患センター		U構造 小堀二研究所	未定	RC (一部 S)	6	1		6,936	24.00		宮城県 仙台市	
685	免616	1999/1/22	本庁舎耐震化工事		松田平田	未定	RC	4	—		3,529	20.10		神奈川県 足柄下郡	
686	免617	1999/1/22	津久井赤十字病院新築工事		田中建築事務所	未定	RC	7	1		9,838	27.20		神奈川県 津久井郡	
687	免618	1999/1/22	株式会社ブリヂストン 磐田製造所A棟新築工事		日建設計	未定	RC (一部P C)	5	—		14,616	28.10		静岡県 磐田市	
688	免619	1999/1/22	(仮称)山王病院移転 新築工事		大林組	大林組	RC	7	2		15,291	26.20		東京都 港区	
689	免620	1999/1/22	神戸大学医学部附属病院 病棟新営工事		神戸大学施設部 建築課 安井建築設計事務所	未定	SRC (一部 S)	11	1		48,434	50.70		兵庫県 神戸市	
690	免621	1999/1/22	十三市民病院建替工事		松田平田	未定	SRC (一部 S)	9	1		20,094	40.20		大阪府 大阪市	
691	免622	1999/1/22	(仮称)六本木一丁目 YM計画住宅棟		竹中工務店	竹中工務店	RC	11	2		9,205	35.20		東京都 港区	
692	免623	1999/1/22	シティコーポ第二小坂 (仮称)新築工事		鴻池組	鴻池組	RC	12	—		4,200	32.90		愛知県 名古屋	
693	免624	1999/1/22	パークシティ横浜星川D棟		竹中工務店	竹中工務店	RC	19	—		21,457	55.10		神奈川県 横浜市	
694	免625	1999/2/22	ニセコ MINT の家新築工事		総研設計 オイレ工業	未定	W (在来 軸組)	2	—		219	5.50		北海道 虻田郡	
695	免626	1999/2/22	東京都高齢者福祉・医療の 複合施設(仮称)建設工事		川口簡構造設計事務 所	未定	S	7	—		33,111	32.20		東京都 江東区	
696	免627	1999/2/22	(仮称)高見第5分譲住宅建 設工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	15	—		19,789	42.60		大阪府 大阪市	
697	免628	1999/2/22	(仮称)伊勢半本店五番町 ビル新築工事	野村不動産 熊谷組	ビル新築工事	熊谷組	CFT S SRC	10	1		13,080	42.30		東京都 千代田区	
698	免629	1999/2/22	(仮称)河南消防署建設工事 (事務所棟)		荒井設計 免震エンジニアリ ング(協力)	未定	SRC	3	—		1,496	12.10		栃木県 足利郡	
699	免629	1999/2/22	(仮称)河南消防署建設工事 (車庫棟)		荒井設計 免震エンジニアリ ング(協力)	未定	S	1	—		483	5.30		栃木県 足利郡	
700	免630	1999/2/22	浜松東第一25街区 第一種市街地再開発ビル 新築工事		東畑建築設計事務 所	未定	RC	14	1		12,726	44.50		静岡県 浜松市	

No.	BCJ	完了年月日	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建物概要				用途	建設地	免震部材
										建築面積(m <sup>2</sup> )	延べ床面積(m <sup>2</sup> )	幹高(m)	最高高さ(m)			
701	免631	1999/2/22	松蔭女子大学新築工事		大成建設	竹中工務店	RC	9	1		8,524	32.70			神奈川県厚木市	
702	免632	1999/2/22	大宮町庁舎		日建設計	大成建設	RC (一部PRC)	4	—		6,565	22.60			茨城県那珂郡	
703	免633	1999/2/22	名工学園名古屋工業高等学校増改築工事		青島設計 ダイナミックデザイン	未定	SRC RC	8	—		8,956	30.80			愛知県名古屋市	
704	免634	1999/3/26	東京家政大学付属中高B棟耐震改修工事		山下設計	未定	RC	4	1		4,273	18.10			東京都北区	
705	免635	1999/3/26	横須賀市都市施設公社社屋消防局庁舎新築工事		類設計室	未定	RC	7	1		4,682	29.60			神奈川県横須賀市	
706	免636	1999/3/26	(仮称)ピ・ウェル今新築工事		和建設	和建設 熊谷組	RC	15	—		4,739	43.00			岡山県岡山市	
707	免637	1999/3/26	広島大学(医病)病棟新築工事		教育施設研究所	未定	SRC S	11	1		47,372	47.70			広島県広島市	
708	免638	1999/3/26	(仮称)沢の鶴人形町ビル新築工事		大林組	大林組	RC S	9	1		6,703	34.80			東京都中央区	
709	免639	1999/3/26	市立砺波総合病院増改築工事		共同ストラクチャー 東京建築研究所	未定	RC (一部SRC)	8	1		29,346	41.10			富山県砺波市	
710	免640	1999/4/23	大蔵省印刷局小田原工場総合庁舎新築工事		丸川建築設計事務所	未定	RC	3	—		3,695	13.30			神奈川県小田原市	
711	免641	1999/4/23	帝人(株)東京研究センター本館改修工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	5	1		15,397	24.90			東京都日野市	
712	免642	1999/4/23	市営小浜団地建設工事(第2期)		エヌ・ティ・ティ ファミリーーズ	未定	RC	11	—		5,299	32.20			島根県松江市	
713	免643	1999/4/23	(仮称)NICE URBAN 藤沢川名新築工事		T・R・A	日本鋼管工事	RC	10	1		3,382	28.70			神奈川県藤沢市	
714	免644	1999/4/23	パークシティ横浜星川E棟		竹中工務店	竹中工務店	RC	13	—		8,236	37.90			神奈川県横浜市	



### 技術委員会 ————— 委員長 和田 章

建てようとする建築が将来大きな地震を受けてどのように挙動するかを詳細に考察し、考えた通りの耐震性を発揮することを祈って建築の設計・施工は行われる。建築基準法が改正され、関連した法規の整備のもと、建築を建てる場合の許認可制度が大きく変わろうとしている。この結果として、建設の許可を得ることが設計の目的になってしまい、実際の地震時の挙動を忘れてしまうことがあり得る。大地震は極めて稀に起こる現象とは言え、プレートテクトニクスの考えにより、必ずある期間をおいて発生することがはっきりしている。実際に起こる大きな地震に備え、免震構造の設計・施工に関係した未解明なことがらを一つ一つ解決していくことが必要である。技術委員会では設計小委員会、免震部材小委員会、施工小委員会および教育普及小委員会の4小委員会に分かれて活動している。各小委員会の活動をそれぞれの委員長より以下に報告する。10月1日には技術委員会発表会を計画し、各小委員会の成果発表と意見交換を行う予定である。

### 設計小委員会 ————— 委員長 公塚正行

各WGの活動状況は、以下の通りとなっています。

「性能設計」WG（公塚主査、藤森幹事他19名）  
性能設計指針作成のためのSWG活動は、以下の通りとなっています。

- ・指針SWG…目次案に沿って順次指針本文および解説を作成中であり、9月中旬には、指針本文（案）を完成する予定。
- ・地震動SWG…入力地震動WGと連携を取りながら、指針に盛り込む内容を検討する。
- ・免震部材SWG…積層ゴムアイソレータWGとの合同会議を行っている。各団体およびメーカーが示している積層ゴムの基本特性・性能を整理することとし、資料の分析を行っている。
- ・性能評価SWG…免震建物の評価対象を8項目（上部構造、免震部材、下部構造、基礎構造、建築部材、設備機器、什器および地盤）とし、各限界状態の設定を行っている。

「入力地震動」WG（瀬尾主査、人見幹事他6名）  
入力地震動WGは、前年度に引き続いて、免震建物の実務設計に要求される入力地震動の性能およびその評価手法を明確にしようとしている。特に、これまで東京で想定された入力地震動の事例に基づく検討を行っている。

「設計例」WG（平間主査、吉川幹事他10名）  
既評定建築物データをもとにした免震設計に活用で

きる資料の作成がほぼ完了し、現在、最終チェックを行っています。データを補完するために実施致しましたアンケート調査においては、会員の皆様に多大なご協力を頂きましたことを厚く御礼申し上げます。

「振動解析検証ソフト」WG（酒井主査、中村幹事他6名）

- ・振動解析検証ソフト…本ソフトの適用範囲のまとめ及び操作マニュアルの整備に向けて、WG委員が検討を行っている。
- ・構造設計支援ソフト…次期開発ソフトとして「免震部材の配置設計支援システム」を作成するものとし、WG内でソフトの仕様について討議している。

### 免震部材小委員会 ————— 委員長 岩部直征

「実験」WG（高山主査、飯塚幹事 他11名）

今後協会として行うべき免震部材の実験について議論を続けている。これまでに議論された積層ゴムの実験課題について項目を下記に示す。

- ・圧縮破壊試験
  - ・引張せん断試験
  - ・スケール則の確認試験
  - ・動的載荷試験
  - ・耐久性、耐火性
  - ・部材の傾斜（製品施工精度）が特性に与える影響
- この様な課題の中から協会として行うべき実験を具体的に検討していく予定である。

10月の技術報告会で具体的な試験計画案を報告したいと考えている。

「積層ゴムアイソレータ」WG（松田主査、芳沢幹事他14名）

性能設計へ向けた積層ゴムアイソレータの評価法の提案へ向けこれまでに5回のWGを開催した。4つのグループに分かれて積層ゴムアイソレータの役割の明確化、既存データの整理、モデル化手法の整理、品質管理を進めている。10月の技術報告会で中間成果を報告する予定である。

「ダンパー」WG（辻田主査、原田幹事 他15名）

性能規定に対応した設計上の検討項目を分類し、履歴型、粘性型、摩擦型それぞれのサブWGにて各種ダンパーの性能評価をおこなっている。

「設備設計」WG（保田主査、内田幹事 他8名）

基礎免震の新築建物における建物周囲のエキスパンションと設備配管継手システムを対象として、用語、設計法、試験法、ディテールについて9月中に検討案をまとめる予定。

**施工小委員会** ————— 委員長 原田直哉

免震構造の施工に関して、施工指針的な役割を持つ「施工標準」、免震装置の設置等、具体的な作業要領を記載する「施工要領」の作成を活動項目としている。施工標準の流れとして、設計図書に添付する「免震構造特記仕様書」の構成も試みたが、メーカー、設計事務所、ゼネコンの各委員の立場において、仕様書のイメージに隔たりがあったため、十分討議のうえ進める予定。また、これら標準類の主たる利用者が、設計サイドか施工サイドかという議論もあったが、基本的には表裏一体であり、免震施工について双方が理解しておくべき内容を記載することとしている。現在、「JSSI 施工標準」全11章構成を策定し、各委員で分担して執筆作業を進めている。

**教育普及小委員会** ————— 委員長 菊池 優

「軟弱地盤に建つ免震建物設計を考える」をテーマとする専科講習会を5月19日に開催しました。この講習会では、軟弱地盤や液状化を専門とする研究者を講師として地盤の非線形挙動に関する講義を頂き、続いて軟弱地盤に建つ免震建物の設計例を3例ほど設計者より直接ご紹介して頂きました。講習会開催のアナウンス直後から定員を上回る参加申込を頂き、6月23日には追加講習会を実施しました。講習会の後半で行われた質疑討論の内容につきましては、会誌に掲載予定です。

**維持管理委員会** ————— 委員長 三浦義勝

1. 当協会の点検事業で、現在、課題となっている以下の点、

- ・当協会に委託するメリット
  - ・費用の妥当性
  - ・点検基準の見直し
- などについて、検討中。

2. 委員の交替

原田副委員長→沢田委員（熊谷組）、副委員長も引き継ぐ

島田委員→杉江委員（佐藤工業）

3. 点検事業

- ・「運輸省大阪航空局神戸航空衛星センター（神戸市）」を受託
- ・登録業者、資格技術者の追加分を審査中。
- ・社団法人としての認定書の発行を検討中。

**規格化・標準化委員会** ——— 委員長 寺本隆幸

本委員会内の標準建築詳細WGは、3月の全体W

G,4月の分科会をもって、「免震建築の設計とディテール」への資料収集・調整作業を完了し、現在出版社でのトレース作業等が進行中です。収集したディテール総数は100を優に超え、前回の「ディテール別冊」での総数の7割増しとなります。中間層免震のディテールを加えるなど、質・量ともに充実したものになりますので、どうぞご期待下さい。

**基盤整備委員会** ————— 委員長 西川一郎

これまで、法人化に向かい、過去2年間収支計画、事業計画、組織など当協会の基盤に関し検討し、法人化後の当協会の基本活動案及び委員会活動を中心とした組織案を作成してきた。法人化後免震構造の健全な普及につながる各種委員会活動がスタートし、当委員会としての当初の目的はほぼ達成できたと考える。

しかし、法人化後これら基本活動を円滑に遂行し、さらに拡張していくための裏付けとなる財政基盤については未だ不十分な状況にある。

そこで再度数年後までの収支計画を目標として描き、それらを明確に基本活動に関連づけていく事を目的に本特別委員会を再発足した。7月5日（月）新たなメンバーで第1回委員会を開催し、主に当協会でも可能な事業案について自由討議を行った。

今後数回討議を行い基本活動に基づく財政基盤案を作成する予定である。

**企画委員会** ————— 委員長 中山光男

我が国における免震建物は、阪神大震災を契機に飛躍的な増加を続けているが、まだ600棟程度でありこれからまさに発展期に入ろうとしている。社団法人化に伴い新しく発足する「企画委員会」としては、基本的な活動方針は前事業企画委員会から引継ぐが、今後は協会全般の窓口・普及と活動目的を広げて本年度より活動を行う。

基本活動方針

1. 社会・公共に対する免震建築の普及活動

1) 建築主・ユーザーに対する普及活動及び技術協力活動の推進

2. 免震建築に関する啓蒙教育・技術指導

1) 免震建築普及のため技術者向け講習会等の企画・開催

2) 免震建築の普及・啓蒙のための研究発表会、講習会、免震建築見学会、部材製作工場見学会の企画

3) 免震構造の設計・施工に関し、会員に対する技術指導の企画

3. 免震建築関連のメディアの展開と各種事業の企画
  - 1) 会誌・図書の出版に関する企画およびメディア事業への展開に関する企画
  - 2) 免震構造の普及活動・協会各事業活動展開への企画
4. 他団体との連携及び国際活動
  - 1) 日本建築学会、日本建築家協会及び日本建築センター等との相互交流・事業の連携
  - 2) 国際化の推進と、諸外国の技術者及び関連団体との交流に関する企画

### 基準等作成委員会 ————— 委員長 跡部義久

これまでの各種委員会で得られた成果、「免震構造の設計に関する技術基準マニュアル(案)」、「JSSI規格」等を今回の建築基準法改正に伴う特別検証法、部材認定、型式認定に適合させる施策を検討する。これらを検討するため、3つの小委員会を設置する。設置期間は1年程度とする。

以下に3つの小委員会の活動内容を示す。

#### 1) 技術基準小委員会

当協会では、これまで技術基準作成委員会(1999年3月解散)で免震構造の設計に関する技術基準とマニュアルの作成を行い、「免震構造の設計に関する技術基準マニュアル(案)」として昨年12月にとりまとめた。

一つは、上記「技術基準マニュアル(案)」を、今回の建築基準法改正に伴う特別検証法による設計基準として指定評価機関の評価を得るため、若干の見直し・検討を行い、評価を取得する。

また一つは、現在建築センターで建築研究所を主体として進められている新検証法に変わるものとして、建築学会「免震構造設計指針」で示されている「包絡設計法」を基にした簡略設計法を提案し、その取扱いを検討する。取扱いの一つとしては現在検討されている新検証法と同等なものとするか、あるいは戸建て住宅を対象としたような型式認定の取得等である。

#### 2) 部材認定小委員会

免震部材に関しては、協会版「JSSI規格」を作成し、建築界に大きく貢献してきた。このJSSI規格を基にして、免震部材(積層ゴム及びダンパー)の協会認定基準を作成し、製品認定と工場認定を行う(自主認定)。協会認定基準に基づき、建築基準法第37条2項による免震部材を建設大臣の認定を取得して指定建築材料とする。ゴム協会と連携の必要がある。

#### 3) 積算基準作成小委員会

免震構造の建設も数が増え施工要領、特記仕様、積

算要領等に対する要望も増えてきた。特に積算要領については要望が多く、積算要領(基準)を作成する必要がある。このため、(財)経済調査会と連携して積算基準(要領)を作成する。

### 建築計画委員会 ————— 委員長 谷崎 績

#### 1. 委員会の発足メンバーが決まりました

当初の方針通り設計事務所及び総合建設業設計部門計画・意匠系を主とした6名でスタートして、当面の活動を進めます。第1回は7月の後半に開催を予定しています。

#### 2. 研究活動の方向については具体的な活動のイメージ作り1999/07~2000/03。

- ・どんな視点で、何処を向いて活動するか
- ・活動のテーマ、スタイルの設定

#### 3. 議論の方向については

技術論から計画論への方向を探る。細部の技術論は別に、

- ・免震建築はどんな性質を持っているか
- ・免震構造の採用がもっともふさわしい建築とは何か
- ・免震建築らしさ、免震建築のありようとはどんなものか

免震建築を取り巻く環境の認識を深める。

- ・社会環境—大震災があって、評価はどうなったか社会資産として、どの様に評価されているか
- ・経済環境—リニューアルの要請が増加した、スクラップアンドビルドから、ロングライフビルへ
- ・法令・規則では、どう扱われているか。

評定評価、確認申請、

- ・設計、監理、施工の基準の現状は

設計基準、設備設計基準、規格、検査検定基準

### 戸建住宅委員会 ————— 委員長 中澤昭伸

当委員会が発足して約1年が経ち、過去1年間の会議の内容をキーワードにまとめると以下のようである。

#### 1) 簡略設計法

- ・免震住宅の簡略設計法の開発
- ・型式認定
- ・免震住宅設計ガイドラインの利用の仕方
- ・新検証法

#### 2) 居住性

- ・風対策の問題
- ・交通振動の問題—コロンブスと言う製品もある。

#### 3) 地盤調査

- ・既知の地盤状況に応じ、地盤調査を不必要とする

- か、簡易ボーリング調査で代用できるとか、
- ・基礎形式の選択の問題
- 4) 維持管理
  - ・簡易的な維持管理方法が必要—住人がチェックできるチェックリストの作成
  - ・維持管理を行えば耐久性の向上にもなる。
- 5) 広報活動
  - ・「健全な免震建物の普及」という設立趣旨に基づく活動
  - ・ユーザーへの啓蒙活動—ユーザーに分かりやすく
- 6) JSSI としての目標又は活動
  - ・将来、評定及び性能評価に対し JSSI で参画できる可能性
  - ・行政への働きかけをどうするか
  - ・免震住宅の性能評価をどうするか—誰がするか—JSSI として評定、評価を行う一役を担う
- 7) 保険制度
  - ・保険制度の見直しの必要性—耐震性の向上及び耐久性の向上—地域防災としての有位性
  - ・増改築、違反建築の問題
- 8) 補助金制度
  - ・融資の見直し、公庫制度の改善—高規格住宅又は優良住宅としての認定
  - ・免震装置への補助金制度
- 9) 建設コスト及び設計費用
  - ・免震装置及び基礎のコスト—200～300万円ぐらいのコスト増が目安か
  - ・評定に要する費用が高い、且つ、期間が長い
- 10) その他
  - ・一般認定の可能性
  - ・技術的な問題は、建研免震住宅委員会ではほぼ解決している
  - ・住宅メーカーの参加について
  - ・一般の大工さんによる住宅の免震化の可能性

以上の内容について整理し、内容をもう少し詰めて戸建て免震住宅の健全な普及に向けて、今後もう少し踏み込んだ活動を行っていく方針です。

### 国際委員会 ————— 委員長 可児長英

免震構造の適正な普及により、わが国のみならず世界の地震地域に住む人々に良質な建築物を提供し、人命の保護・財産の保全などをより確実なものにすることが可能と思われまます。免震構造に関する設計、施行、部材、維持管理等に対する技術の向上・安全性の確保のために国際組織との協力も欠かせないものです。

本年度は、世界の地震国の免震構造設計基準や免震部材の規格、免震部材の輸出入など海外の免震構造に関する情報収集、ISOなどの国際基準対応等、基礎的な活動を行う予定です。

次年度は上記に関連し、海外調査派遣、国際会議等への参加、海外からの視察、調査団及び研修生の受入れ、国際フォーラムの実施など国際交流を積極的な活動を行い、免震構造の国際的な技術向上を目指す予定です。

### 社会環境委員会 ————— 委員長 鈴木哲夫

免震建築のより一層の普及の為には、技術的なハード面のみならず経済性を始めとする社会システムとの連動、つまりソフト面の検討が必要であるとの観点から本委員会が新設されました。ここでは、①免震建築におけるグローバルな視点からの資源、環境の問題、②普及優遇策としての税制、融資および保険制度などの問題、③関連行政に関する連絡調整の問題、などを検討する予定です。現在、委員になって頂ける方を選任中で、8月上旬までにキックオフ・ミーティングを開催する予定にしています。

### 出版委員会 ————— 委員長 須賀川 勝

完全に出版委員会となって初の全体委員会を7月22日(水)に開催しました。

委員会前にワーキングで検討してきた会誌25号の原稿、ゲラの出来上がり状況や内容について報告がありました。引き続いて次の26号の内容をどうするか、原稿依頼先をどなたにするか等の意見、情報が全員から出され、次のWGのみなさんの方針についても話し合われました。

会員の方々からの掲載希望も出てきておりますが、積極的に申し出てくれることを委員一同強く期待しております。

8月はお盆休みが間に入るため日程調整が必要で、検討の結果25号の発行は8月20日(金)となり、26号は11月20日頃を目標に進めていく予定で確認しました。これはほぼ例年通りの日程です。

会誌以外にも出版委員会には協会として書籍を刊行していかなければなりません。

まだスタート直後ではありますが、他委員会と協力して計画しているものもあります。みなさんのご協力が必要なことが当然出てくると思いますので、その節はよろしくお願いします。

# 委員会活動報告

## 活動リスト

(1999. 4. 27～1999. 7. 22)

月 日	委 員 会 名	場 所	出 席 者
4.27	出版委員会「メディア」WG	事務局	5名
4.28	技術委員会運営幹事幹部会	〃	6名
5.10	「軟弱地盤に建つ免震建物の設計を考える」講習会講師打ち合わせ会	〃	5名
5.11	技術委員会/設計小委員会/「入力地震動」WG第7回	〃	7名
5.11	技術委員会/設計小委員会幹事会第2回	〃	6名
5.12	技術委員会運営幹事会第4回	〃	18名
5.12	技術委員会/教育普及小委員会第7回	〃	7名
5.17	技術委員会/設計小委員会/「振動解析検証ソフト」WG第10回	〃	6名
5.18	技術委員会/免震部材小委員会/「設備設計」WG第8回	〃	8名
5.18	戸建住宅委員会第9回	〃	8名
5.19	「軟弱地盤に建つ免震建物の設計を考える」講習会	シニアワークセンター	35名
5.20	会務会議	事務局	8名
5.20	維持管理委員会第8回	〃	16名
5.21	技術委員会/施工小委員会第8回	〃	8名
5.24	技術委員会/免震部材小委員会/「ダンパー」WG第7回	〃	14名
5.27	技術委員会/設計小委員会/「性能設計」WG第8回	〃	17名
5.25	技術委員会/設計小委員会/「設計例」WG第9回	〃	8名
6. 1	「地震動」SWG & 「入力地震動」WG 合同会議第1回	〃	12名
6.14	技術委員会/設計小委員会/「振動解析検証ソフト」WG第11回	〃	7名
6.15	技術委員会/免震部材小委員会/「積層ゴムアイソレータ」WG第5回	〃	13名
6.16	会務会議	〃	10名
6.22	戸建住宅委員会第10回	〃	8名
6.22	技術委員会/免震部材小委員会/「設備設計」WG第9回	〃	9名
6.23	「軟弱地盤に建つ免震建物の設計を考える」追加講習会	〃	33名
6.23	技術委員会/施工小委員会第9回	〃	8名
6.24	技術委員会/設計小委員会/「入力地震動」WG第8回	〃	8名
6.24	技術委員会/免震部材小委員会/「実験」WG第4回	〃	11名
6.28	技術委員会/免震部材小委員会/「ダンパー」WG第8回	〃	19名
6.29	技術委員会/設計小委員会/「設計例」WG第10回	〃	6名
6.30	維持管理委員会第9回	〃	15名
7. 5	基盤整備委員会第1回	〃	7名
7. 6	委員長会議	〃	8名
7. 7	運営委員会	〃	14名
7.12	技術委員会/設計小委員会/「振動解析検証ソフト」WG	〃	6名
7.14	会務会議	〃	10名
7.15	戸建住宅委員会	〃	11名
7.21	技術委員会/施工小委員会第10回	〃	9名
7.22	出版委員会「出版」WG	〃	3名
7.22	出版委員会	〃	13名
7.22	技術委員会/設計小委員会/「性能設計」WG	〃	17名

## 会員動向

### 入会

	社名	代表者	所属・役職
第1種正会員	株式会社田治見エンジニアリングサービス	田治見 宏	代表取締役会長
	株式会社森本組	橋本 晃	本社建築本部部長
第1種正会員←賛助会員	株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズ	中野 時衛	都市・建築設計本部 構造設計部統括部長

	氏名	所属
第2種正会員	家村 浩和	京都大学
	富島 誠司	株式会社田治見エンジニアリングサービス
	三浦 義勝	株式会社テクノウェーブ (元・鹿島建設)

	社名	代表者	所属・役職
賛助会員	小山建設株式会社	小山 英雄	代表取締役
	古久根建設(株)	吉田 武夫	代表取締役社長
賛助会員←第1種正会員	(株)KR建築研究所	服部 範二	代表取締役社長

	名称	代表者	所属・役職
特別会員	日本エキスパンションジョイント工業会	富岡 潤	会長

会員数 (1999年6月30日現在)	第1種正会員	130 社
	第2種正会員	68 名
	賛助会員	47 社
	特別会員	6 団体

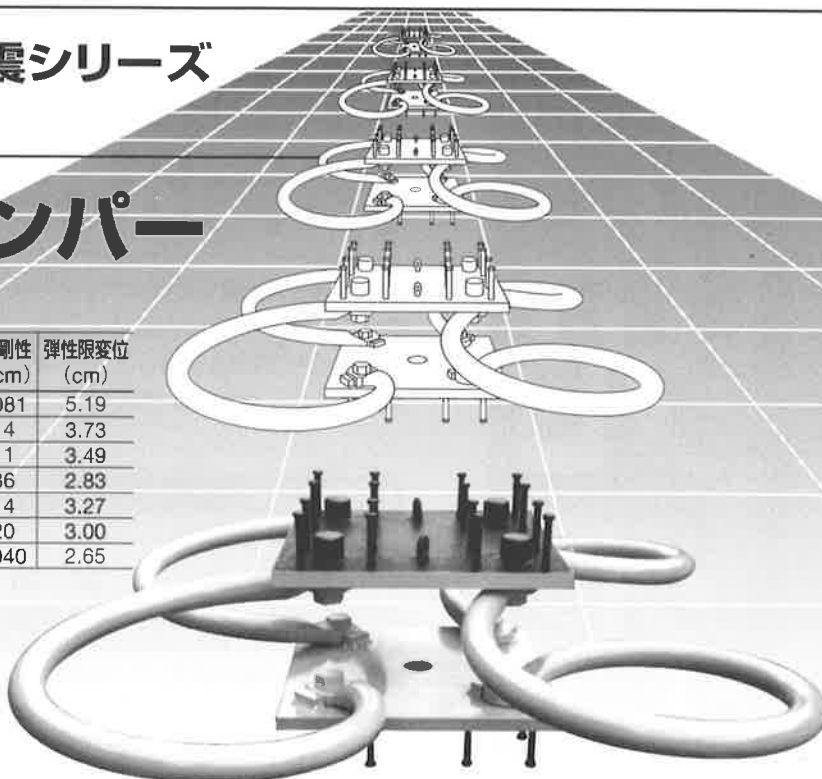
# 新日鉄の耐震・免震シリーズ

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)	弾性限界変位 (cm)
90φR450	B	25.0	4.82	0.081	5.19
90φR380	A	31.0	8.3	0.14	3.73
	B	29.0	8.3	0.11	3.49
90φR325	A	36.0	12.7	0.36	2.83
	B	36.0	11.0	0.14	3.27
70φR285	A, B	21.0	7.0	0.20	3.00
50φR275	A, B	5.3	2.0	0.040	2.65



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	≤600
限界	300	450	600	900



800φタイプ

### 新日本製鐵株式会社

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 建築鉄構部

☎03(3275)5334 フリーダイヤル ☎0120-42-1210 Fax.03(3275)5978

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

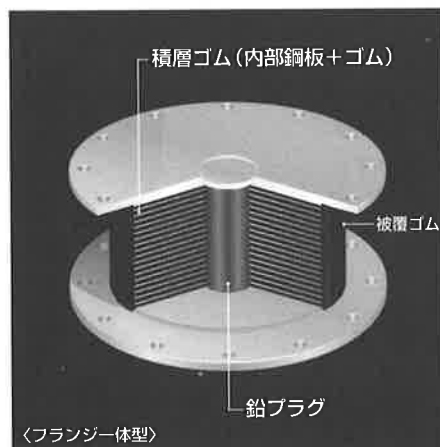
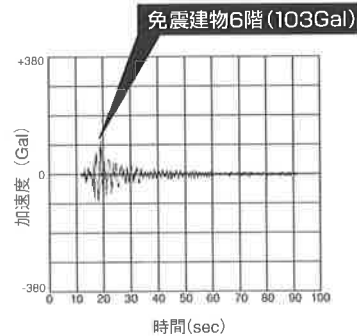
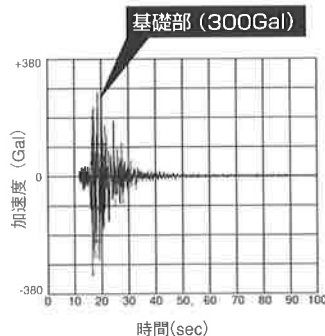
- フランジ一体タイプ……G4・G6 φ 600～φ 1100mm
- ボルト固定タイプ……G4・G6 φ 1200～φ 1300mm

### 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

ゴムと銅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
- バイブロック
- 粘性ダンパー

**OILES** オイルス工業株式会社

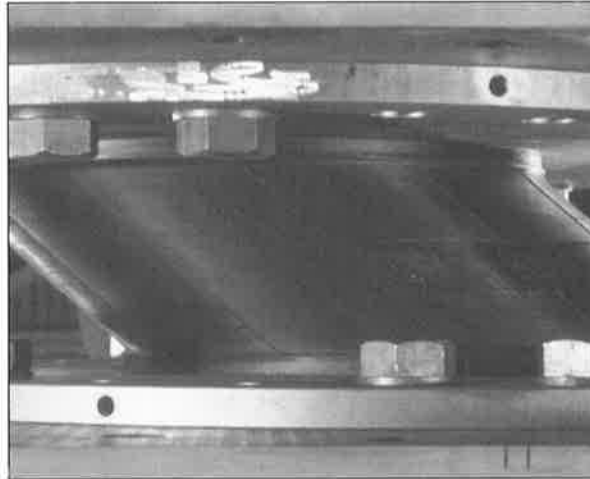
〒105-8584 東京都港区芝大門1-3-2 芝細田ビル ☎(03)3578-7933(代)



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

様々な建物で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

# 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

- 可塑材を加えない
- 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**

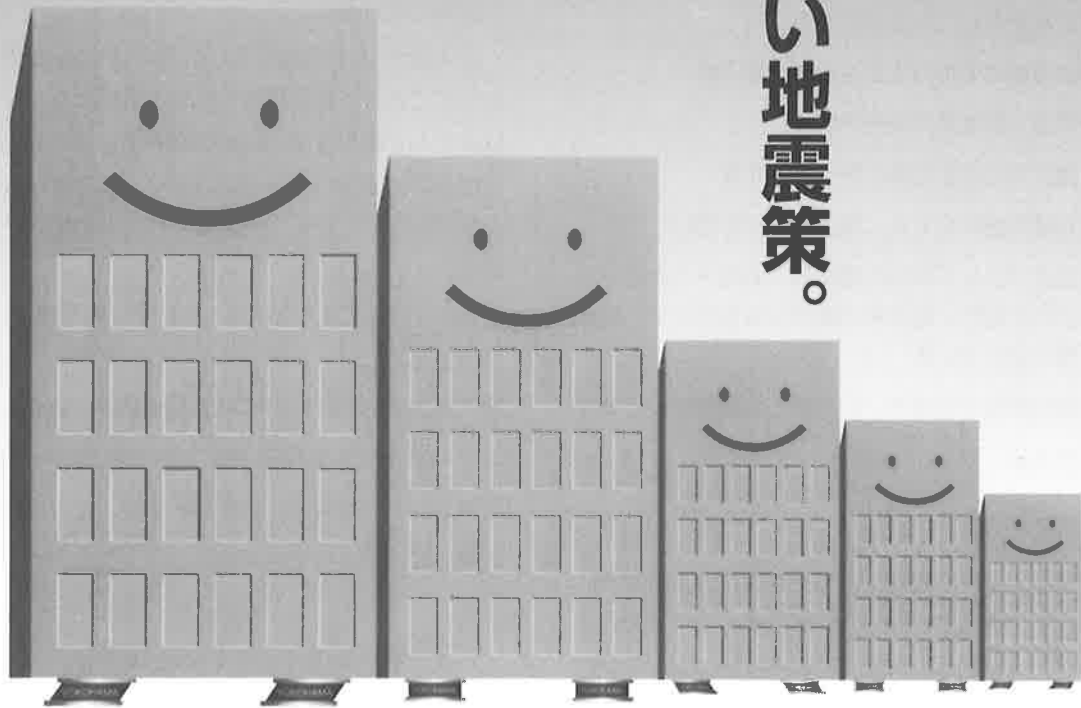
営業推進部免震システムグループ

〒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

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(秀和南成門ビル7F)  
MB開発本部開発1部：〒254-0047 神奈川県平塚市追分2-1

TEL 03-5400-4823 (ダイヤルイン) FAX 03-5400-4830  
TEL 0463-35-9703 (ダイヤルイン) FAX 0463-35-9765

(カタログ請求番号 1122)

# 三菱マテリアルの 免震構造用鉛ダンパー

## 特長

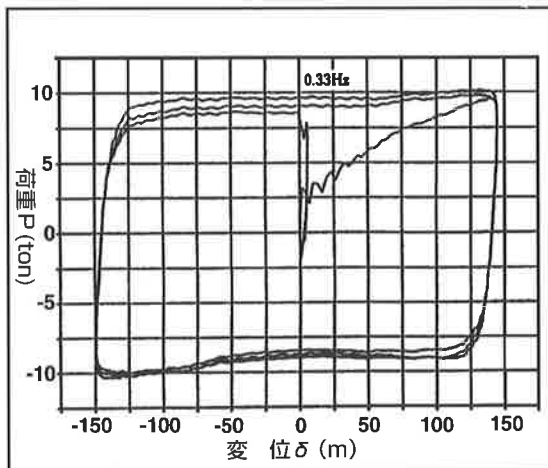
- ◆小振動をしっかり押さえる
- ◆大振動は変形してエネルギーを吸収
- ◆地震に対する不安感を解消
- ◆建築物の被害を最小限に押さえる
- ◆初期剛性が大きく、降伏変位が小さい
- ◆固定フランジ部は防錆処理（亜鉛メッキ処理）されており、鉛はその優れた耐食性から、耐久性に優れている
- ◆維持管理が容易で、取り替えも簡単に行う事ができる

## モデル化の例

降伏耐力	初期剛性	降伏変位	二次剛性
10T	12t/cm	0.8cm	0t/cm

注) 本データは下図履歴曲線の一例により求めたものですが、実設計にあたっては種々条件を考慮する必要があります。

φ180鉛ダンパー  
加振によるP-δ曲線



## 開発経緯 他

三菱マテリアルでは、非鉄金属製錬メーカーとして高純度の鉛を製造しています。この高純度の鉛の利用目的として、三菱マテリアルは免震建物に用いられる減衰構造としての鉛ダンパーを、福岡大学と共同開発しました。

この鉛ダンパーは純度 99.99% の鉛を使用したものであり、鉛の剛塑性的な特質により、はじめはほとんど変形せず、耐力の限界点に達すると極めて柔らかく変形し、非常に大きなエネルギー吸収能力を持っているため、大変すぐれた免震部材といえます。

## 納入実績

納入実績は、昭和63年に販売開始以来、鉛ダンパーは1,400体以上の実績があり、共同住宅はもちろん、電算センター・病院・ホテル・学校・福祉施設などで幅広く採用されています。



## 三菱マテリアル株式会社

〒100-8222

東京都千代田区丸の内1-5-1 新丸ビル5階

製錬事業本部営業部

TEL.03-5252-5368 FAX.03-5252-5429

# 免震・制震装置の総合専門メーカー‘ADC’

もしもの大地震にも人命と財産を守る「免震・制震構法」。

私達は、この免震・制震装置の製造と販売を中心に、企画・設計から施工、保守管理までをサポートします。



## 《鉛プラグ入り積層ゴム免震装置》 「L R I (Lead Rubber Isolator)」

鉛ダンパーを内蔵した一体型のため、施工性・保守性に優れており、安定した性能を発揮します。

当社の積層ゴム免震装置は、米国で豊富な実績を持つDIS(Dynamic Isolation Systems)社で製造しています。

## 《すべり支承積層ゴム免震装置》 「S L R (SLiding support with laminated Rubber pad)」

積層ゴムの水平変形と低摩擦のすべり板の作用で地震力を低減します。小径・小荷重でも大きな水平変形量を持たせることが可能です。



## 《交差型直動転がり支承免震装置》 「C L B (Cross Linear Bearing)」

ローラーベアリングによる機械式の直動機構を十字に組み合わせ、きわめて小さな力で任意の方向へ滑动する転がり免震機構です。軽量の鉄骨造や戸建住宅、塔状建物でも免震化を実現します。

### 免震装置納入実績(1999年7月現在)

- L R I : 12棟 189基
- N R I : 4棟 57基
- S L R : 4棟 51基
- C L B : 5棟 41基

### 営業品目

- ◇ 鉛プラグ入り積層ゴム免震装置(LRI)
- ◇ 天然ゴム系積層ゴム免震装置(NRI)
- ◇ すべり支承積層ゴム免震装置(SLR)
- ◇ 交差型直動転がり支承免震装置(CLB)
- ◇ 粘性制震壁(SDウォール)
- ◇ 免震・制震構造建築の企画・設計・技術指導・保守
- ◇ その他、免震・制震全般に関するご相談に応じます



## 株式会社 免制震デバイス

Aseismic Devices Co.,Ltd.

取締役社長 中島文明

〒160-0007 東京都新宿区荒木町5 SEIビル201  
TEL: 03-3351-7788 FAX: 03-3351-7866

## 入会のご案内

入会ご希望の方は、次項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	300,000円	(1口)300,000円
第2種正会員	5,000円	5,000円
賛助会員	100,000円	100,000円
特別会員	別途	—

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術経験を有するもので、本協会の目的に賛同して入会した者
- (3) 賛助会員  
免震構造に関する事業を行う者で、本協会の事業を賛助するために入会した法人
- (4) 特別会員  
本協会の事業に関係のある団体で入会したもの

ご不明な点は、事務局までお問い合わせ下さい。

社団法人日本免震構造協会事務局  
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

## 社団法人日本免震構造協会 入会申込書

申込書は、郵便にてお送り下さい。

申込日(西暦)	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	賛助会員	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)	〒	
		☎      -      -      FAX      -      -	E-mail
担当者	ふりがな 氏名	印	
	所属・役職		
	住所 (勤務先)	〒	
		☎      -      -      FAX      -      -	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		
建築関係加入団体名			
入会事由			

◇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、企業の代表者。
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「MENSHIN」・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. 建築関係加入団体名は、主な団体名を記入。(多くて3つまで)
7. 入会事由は、免震関連の事業展開・○○の紹介など。

\*本協会にて記入いたします。

# 社団法人日本免震構造協会「免震普及会」に関する規約

平成11年2月23日

規約第1号

## 第1（目的）

社団法人日本免震構造協会免震普及会（以下「本会」という。）は、社団法人日本免震構造協会（以下「本協会」という。）の事業目的とする免震構造の調査研究、技術開発等について本協会の会報及び活動状況の情報提供・交流を図る機関誌としての会誌「MENSHIN」及び関連事業によって、免震構造に関する業務の伸展に寄与し、本協会とともに免震建築の普及推進に資することを目的とする。

## 第2（名称）

本会を「社団法人日本免震構造協会免震普及会」といい、本会員を「社団法人日本免震構造協会免震普及会会員」という。

## 第3（入会手続き）

本会員になろうとする者（個人又は法人）は、所定の入会申込書により申込手続きをするものとする。

## 第4（会費）

会費は、年額1万円とする。会費は、毎年度前に全額前納するものとする。

## 第5（入会金）

会員となる者は、予め、入会金として1万円納付するものとする。

## 第6（納入金不返還）

納入した会費及び入会金は、返却しないものとする。

## 第7（登録）

入会手続きの完了した者は、本会員として名簿に登載し、本会員資格を取得する。

## 第8（資格喪失）

本会の目的違背行為、詐称等及び納入金不履行の場合、本会会員の資格喪失するものとする。

## 第9（会誌配付）

会誌は、1部発行毎に配付する。

## 第10（会員の特典）

本会員は、本協会の会員に準じて、次のような特典等を楽しむことができる。

- ① 刊行物の特典頒付
- ② 講習会等の特典参加
- ③ 見学会等の特典参加
- ④ その他

## 第11（企画実施）

本会の目的達成のため及び本会員の向上の措置として、セミナー等の企画実施を図るものとする。

## 附 則

日本免震構造協会会誌会員は、設立許可日より、この規約に依る「社団法人日本免震構造協会免震普及会」の会員となる。



## 社団法人日本免震構造協会「免震普及会」 入会申込書

申込書は、郵便にてお送り下さい。

申 込 日(西暦)	年    月    日	*入会承認日	月    日
*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
	☎ (            )	--	
	FAX (            )	--	
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◇

1. 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。
2. 住所は、会誌送付先の住所を記入。

送付先    社団法人日本免震構造協会 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

会員登録内容変更がありましたら、下記の用紙にご記入の上FAXにてご返送ください。

送信先 社団法人日本免震構造協会事務局 宛  
FAX 03-3239-6580

## 会員登録内容変更届

登録内容項目に○をおつけください

1. 代表者	2. 担当者	3. 勤務先	4. 所属	5. 勤務先住所
6. 電話番号	7. FAX番号	8. E-mail	9. その他 ( )	

送付日 (西暦)	年	月	日
会員種別	第1種正会員	第2種正会員	
○をおつけください	賛助会員	特別会員	
発信者	:		
勤務先	:		
T E L	:		

変更する内容	
会社名	_____
※代表者(ふりがな)	_____
担当者(ふりがな)	_____
勤務先住所	〒 _____
	_____
所属	_____
T E L	: _____ ( )
F A X	: _____ ( )
E - mail	: _____

※代表者が本会の役員の場合は、届け出が別になりますので事務局までご連絡下さい。

寄付・寄贈

協会図書コーナー

- |   |               |
|---|---------------|
| 1) SEISMOLOGY AND EARTHQUAKE ENGINEERING IN JAPAN | ティディプランナーズ    |
| 2) 地球大異変 恐竜全滅のメッセージ [改訂版]                         | 松井 孝典         |
| 3) 高速増殖炉免震設計法に関する研究 総合報告: U34                     | 財団法人電力中央研究所   |
| 4) G B R C 1999 Vol.24 No.1 93                    | 財団法人日本建築総合試験所 |
| 5) G B R C 1999 Vol.24 No.2 94                    | 財団法人日本建築総合試験所 |
| 6) 公共建築 Vol.41 No.161 特集 情報ネットワーク化と公共建築 1999.7    | 社団法人日本公共建築協会  |

編集後記

梅雨空けの直前に大雨が降り、観測史上初の記録的豪雨に見舞われた東京は交通機関をはじめ大混乱しました。ちょうど帰宅時間にあった方はひどい目にあわれたのではないのでしょうか。次の日に出版委員会が開かれ、会誌の方は今回も無事予定通り発行できる見通しとなり、ほっとしたところで猛暑を迎えました。

免震層は一般に風通しが悪いので、暑くならない内にと訪問記のために恵比寿まで出かけたのは6月初旬でしたが、既に蒸し暑く、帰りに寄ったビアガーデンで飲んだビールの味は格別でした。

今回誌25号WGのメンバーとして、梅雨から猛暑の時期に頑張られた方は、小幡、猿田、鳥居、三浦、山下のみなさんでした。

出版委員会 須賀川 勝

1999 No.25号 平成11年8月23日発行

発行所 (社)日本免震構造協会

編集者 出版委員会

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

社団法人日本免震構造協会

Tel : 03-3239-6530

Fax : 03-3239-6580

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



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

社団法人日本免震構造協会

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

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

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