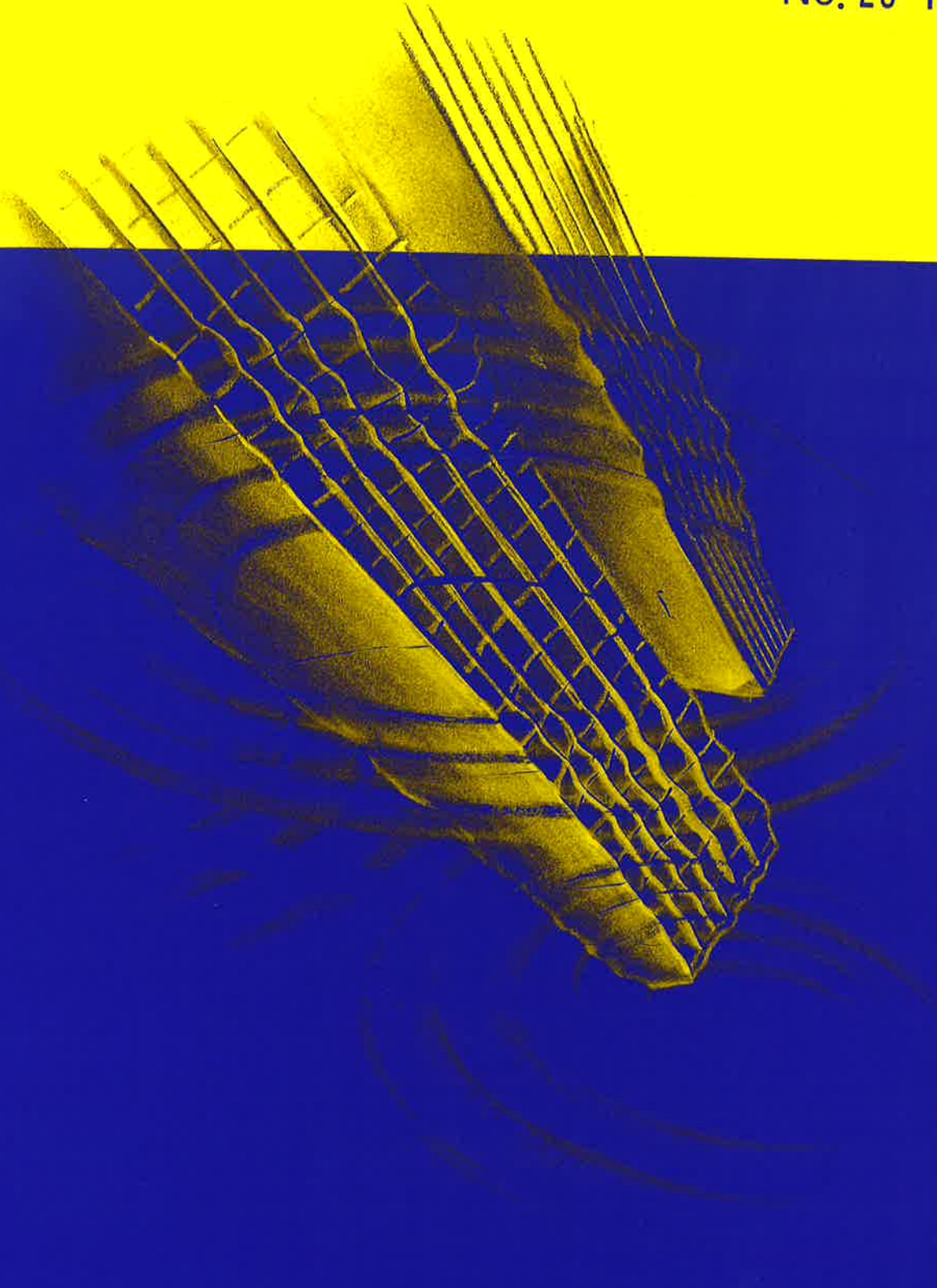


# MENSHIN

No. 26 1999. 11



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

社団法人日本免震構造協会

# CONTENTS

Preface	Theory of 50cm and 15% ..... 3 Kazuhiro IEMURA Professor of Kyoto University
Highlight	Seismic Isolation Retrofit Of Kudan Post Office ..... 4 Takeshi FURUHASHI Sumitomo Constructin Co., Ltd Hitoshi ISHIDU Ministry of Posts and Telecommunications
Visiting Report 26, 27	Comfort Patio Kumagaya Higashi ..... 11 Noboru EDA and Keiki KAGA Edagumi Corp. Hironobu KATO, Koji NAGAYAMA and Koutaro INOUE Dai Nippon Construction
	S's House ..... 15 Isamu NAGANO Yokohama Rubber Corp. Hirokuni KATO Nippon Steel Corp. Youji HOSOKAWA Maeda Corp.
Series - Device Related to Seismic Isolation 3	Sakata Denki "Kichijoji Office" ..... 19 Yoshihisa ATOBE Dai Nippon Construction Hirokuni KATO Nippon Steel Corp.
Special Contribution	Study on Fireproof Cover System using Intumescent Rubber for Rubber Bearing ..... 23 Nagao HORI, Koichiro TAKAHASHI OBAYASHI Corp.
	Seismic Behavior of Isolated Buildings Generating Tension Force in Isolation Bearings ..... 29 Masaru KIKUCHI Shimizu Corp.
	Saitama Super Arena - Design and Construction of High - Damping Rubber Bearings ..... 38 Toru KOBORI, Hiroaki HARADA Nikken Sekkei Ltd. Osamu HOSOZAWA, Isamu NAKAKAWAJI, Taro MIZUTANI Taisei Corp.
Feature	Maintenance Management of Seismic Isolated Buildings ..... 44 Yoshikatsu MIURA, Maintenance Management Committee
Report	6th Menshin Forum ..... 52 Youji HOSOKAWA Public Information Committee
	Annual Meeting of Architectural Institute of Japan ..... 64 Hirokuni KATO Public Information Committee
Seminar Report	Q&A of Seminar "Design of Seismic Isolated Buildings on Soft Ground" ..... 66 Educational Committee Technical Committee
Additional List of Seismic Isolated Buildings In Japan ..... 72	Media WG Public Information
Committees and Their Activity Reports ..... 78	○Technology ○Maintenance Management ○Standardization ○Basis Arrangement ○Planning ○Standards Revaluation ○Architectural Planning ○Seismic Isolated House ○Internationalization ○Social Environment ○Public Information
Berief News of Members ..... 83	
Application Guide ..... 84	
Information ..... 98	
Postscript ..... 98	

# 目次

巻頭言	50cm・15%論 ..... 3 京都大学工学研究科教授 家村 浩和
免震建物紹介	九段郵便局・九段宿舎の免震レトロフィット ..... 4 住友建設 古橋 剛 郵政局施設部 石津 均
	コンフォートパティオ熊谷東 ..... 11 江田組 江田 登・加賀 慶樹 大日本土木 加藤 広宣・長山 浩二・井上 公太郎
免震建築訪問記-26, 27	S邸新築工事 ..... 15 横浜ゴム 永野 勇 新日本製鐵 加藤 巨邦 前田建設工業 細川 洋治
	坂田電気株式会社 吉祥寺事務所 ..... 19 大日本土木 跡部 義久 新日本製鐵 加藤 巨邦
シリーズ「免震関連部材③」	加熱発泡ゴムを利用した 免震積層ゴム用耐火被覆システム ..... 23 大林組 堀 長生・高橋晃一郎
特別寄稿	積層ゴムに引張力が作用する免震建物の地震時挙動 ..... 29 清水建設 菊地 優
	さいたまスーパーアリーナ -高減衰積層ゴムの設計と施工 ..... 38 日建設計 小堀 徹・原田 公明 大成建設 細澤 治・中川路 勇・水谷 太朗
特集	免震建物の維持管理 ..... 44 維持管理委員会 三浦 義勝
報告	第6回免震フォーラム開催の報告 ..... 52 出版委員会 細川 洋治
	建築学会(中国)大会 ..... 64 出版委員会 加藤 巨邦
	「軟弱地盤に建つ免震建物の設計を考える」質疑応答集 ..... 66 技術委員会 教育普及小委員会
国内免震建物一覧(追加)	..... 72 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 ..... 78 ○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 ..... 83
入会のご案内	○入会申込書(会員) ..... 84 ○免震普及会規約・入会申込書 ○会員登録内容変更届
インフォメーション	○寄付・寄贈 ..... 98 ○会誌記事投稿のお願い
編集後記	..... 98

# 50cm・15%論

京都大学工学研究科教授 家村 浩和



変な数字のタイトルをつけてしまったが、「変形性能・減衰性能論」というのが本意である。エンジニアは数量に厳しいから、より多くの反論や議論を生むのではないかと期待して、思い切ったタイトルにしてみた。

耐震構造・免震構造・制震構造の全てを通して、構造体が地震動に対して保有すべき構造性能は何かと問われれば、それはもはや強度ではなく、変形性能と減衰性能であると言えるであろう。さらに、1自由度換算で相対変形量50cm程度の変形性能と減衰比で15%程度の減衰性能を有しておれば、過去のほとんどの地盤振動記録に対して、対処可能ではないかと考えている。

この変形性能と減衰性能を、最も確実にかつ比較的安価に実現出来るのが免震構造であり、地震動に対する構造設計法としては、極めて合理的である。従って、今後免震構造がより多く採用されて行くであろう事には、全く疑いの余地がない。

ではなぜ変形性能・減衰性能論なのかという理由を、私なりに説明してみたい。その理由は、大学人でありながら、理論や解析の結果からではなく、はずかしくも地震による厳しい構造被害を、実際に見て回ったという体験からである。

1985年のメキシコ地震調査では、約20階の高層建物が転倒崩壊しているのに驚愕した。加速度応答スペクトルを見ても、周期2秒、減衰比2%では、約10倍の動的応答倍率となり、共振的な挙動を示したと考えられた。このとき、ほぼ直感的に減衰比10%以上は必要だと感じたし、また同時に制震構造の開発の必要性も痛感した。

それ以前の耐震設計では、構造体の塑性域におけるエネルギー吸収性能に間接的に期待していたが、メキシコ市の地盤震動のように、狭帯域かつ継続時間の長い場合には、構造体が弾性域において振動している時から、十二分な減衰性能を確保しておく必

要がある。現在日本で建設されている多くの高層建物においては、各種のダンパーが多用され、エネルギー吸収性能が明確な形で保証されてきている。将来的には、減衰比15%以上などというのが、制震構造の基準になるかも知れない。

1995年の兵庫県南部地震では、以前から言われていた事ではあるが、変形性能の重要性を、実際の被害を見て回って再確認した。地震の直後、耐震設計されたものが、なぜあのように崩壊するのかという答えを探して歩いた。色々の被害パターンを見て、変形出来たものは残っているし、変形出来なかったものは崩壊していると判断した。もちろん変形出来ないものでも、壁構造のように強度が十分にあるものは残っていた。

この体感を検証するため、当時の構造物は水平設計震度0.2の降伏強度を有し、完全弾塑性型の履歴復元力特性を示すものとし、さらに弾性域の減衰比は5%と仮定して、相対変位応答スペクトルを書いて見た所、その値は驚くべきことに、周期にかかわらず30cm~40cmの範囲となった。相対変形がほぼ同一ということは、短周期構造で塑性変形成分が極めて大きいことを示している。水平設計震度0.2程度で崩壊しないためには、大きな変形性能が必要なのである。

被害調査での観察と数値計算結果とがうまく整合したことから、耐震安全性の決め手は、強度よりも変形性能であることを、再確認した。

先日行われた日本免震構造協会の技術委員会報告会において、「50cm・15%論」をお話した所、それでは不十分で「80cm・20%論」にするべきだとの反論もあった。さほどのコスト増なしに、より高性能を実現出来るのなら、免震構造の面目躍如といった所である。より多くの反論と議論を下記にお待ちする次第である。  
E-mail: [iemura@catfish.kuciv.kyoto-u.ac.jp](mailto:iemura@catfish.kuciv.kyoto-u.ac.jp)  
Home page: <http://eqgate.kuciv.kyoto-u.ac.jp/>

# 九段郵便局・九段宿舎の免震レトロフィット

東京郵政局施設部建築課 石津 均



住友建設免制震事業部 古橋 剛



## 1. はじめに

東京都千代田区に建つ九段郵便局・九段宿舎にて免震構法を用いた居ながら耐震改修工事を行っている。免震構法による耐震改修は我が国でもここ数年行われるようになってきているが当工事の構法は其中でも独特なものである。

## 2. 免震構法による耐震改修

当工事で採用したのは「中間階複合型免震構法による耐震改修」である。現在、我が国において耐震性能が不足で既存不適格となる非木造建築は数10万棟のオーダーになるそうである。これらの建物の安全の確保は重要な課題であるが、すべてを建て直すわけにもいかない。何らかの補強を行って、既存の建物を安全に使い続けることは経済性の面のみならず、省資源、省エネルギーといった環境保護の観点からも重要と考えられる。こうして「耐震改修」工事が必要となるが、もっとも一般的な方法は、耐力壁やブレースの設置である。この場合、全階での工事が発生する、改修後の建物の使い勝手が悪くなる、また、上部構造を補強しても基礎の強度が不足するなどの問題が生じがちである。そこで、「免震構法による耐震改修」という手法が登場する。一般的には基礎免震が考えられるが、建物下の全面掘削という大がかりな工事となる。また、建物外周には免震の変位に対するクリアランスが必要となり、適用が難しい建物も多い。次にこれを解決するために「中間階免震構法による耐震改修」がでてくる。この際、問題として残るのは、やはり免震階の変位である。普通の免震建物のように50~60cmの変位を許容すると、その偏心荷重による応力に対する柱、梁の補強や、変位をカバーするためのクリアランスが

必要となる。また設備配管類は変形追従のための大きなスペースを必要とする。これでは免震階は殆ど用途としては使えなくなる。そこで、粘性ダンパーにより大きな減衰を付加して地震時の変形を抑え、改修後の免震階の有効面積を確保する方法がでてくる。これが本工事で採用した「中間階複合型免震構法による耐震改修」という構法である。

## 3. 建物概要

改修を行う建物は1967年に建設された地上10階の建物である。1階は郵便局、2~10階は宿舎の用途に供されている。建物概要を表-1に示す。

表-1 建物概要

建物名称	九段郵便局庁舎・九段宿舎
所 在	東京都千代田区九段南1丁目4-6
面 積	延床 7,695.97㎡, 建築 777.25㎡
階 数	地上10階, 地下なし, 塔屋2階
建 物 高	軒高29.85m, 最高部高 39.40m
構造形式	SRC造(1F~5F梁) ラーメン構造 RC造(5F柱~PHF) ラーメン構造 (短辺方向は耐震壁併用)
基礎構造	場所打ちコンクリート杭基礎(L=14m)
建 築 年	1967年(昭和42年)

本建物の耐震設計は、上部構造は建設当時の耐震設計基準に従い、高さ16m以下で設計震度 $k=0.2$ とし、それ以上の階は1階につき設計震度を0.01ずつ増した水平力をもとに、許容応力度設計がなされている。基礎構造は、GL-15m以深の東京礫層を支持層とする場所打ちコンクリート杭基礎となっている。杭基礎は現行基準に照らし合わせても十分な鉛直支



図-1 建物全景（耐震改修工事中）

持力を有しているが、当時の設計では基礎構造の水平力に対する設計は行われていない。

#### 4. 耐震点検結果

本建物における耐震点検結果を表-2に示す。耐震点検は「官庁施設の耐震点検・改修要領」（建設大臣官房官庁営繕部監修：昭和62年）に基づき、平成7年に行われている。また、同時に保有水平耐力の確認もされている。重要度係数は  $I = 1.1$ （Ⅱ類）とされている。

表-2 耐震点検結果（ はNGを示す）

階	短辺方向			長辺方向		
	$I_s/I_{s0}$ ≥1.10	$C_T S_D$ ≥0.30	$Q_u/Q_{un}$ ≥1.00	$I_s/I_{s0}$ ≥1.10	$C_T S_D$ ≥0.30	$Q_u/Q_{un}$ ≥1.00
10	2.60	0.78	0.85	2.30	0.93	0.63
9	2.08	0.66	0.59	1.55	0.58	0.63
8	1.90	0.45	0.59	1.40	0.48	0.64
7	1.98	0.60	0.66	0.86	0.45	0.63
6	1.30	0.45	0.66	0.85	0.43	0.64
5	0.90	0.46	0.59	0.75	0.44	0.64
4	1.03	0.49	0.74	0.91	0.44	0.72
3	0.90	0.53	0.74	0.83	0.50	0.72
2	1.10	0.52	0.59	0.78	0.48	0.72
1	1.11	0.38	0.59	0.73	0.44	0.64

耐震点検の結果、主に7階より下の階で構造耐震指標 $I_s$ 値による値が満足されていない。一方で、強度形状指標 $C_T S_D$ 値はすべての階で満足した値となっている。しかし、保有水平耐力の確認ではどちらの方向も全ての階で満足しない結果となっている。

#### 5. 既存建物の状況

##### ①コンクリートの圧縮強度試験

既存建物において、コア抜きコンクリートの圧縮強度試験を行った。試験体コアは、1、2、3および10階の壁面より各階3本を採取した。試験結果を表-3に示す。試験の結果、既存建物のコンクリート強度は、軽量コンクリート、普通コンクリートとも設計基準強度を満足した値となっている。

表-3 コンクリートコアの抜き取り試験結果

階	設計基準強度 $F_c$ or $L_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	試験強度 $F$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	平均値 $\bar{F}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	推定最大 中性化深さ (mm)
10	210 軽量コンクリート	308	330	10 モルタル部のみ
		357		
3	210 軽量コンクリート	440	387	15 モルタル部のみ
		319		
2	210 軽量コンクリート	440	386	10 モルタル部のみ
		375		
1	210 普通コンクリート	285	268	0
		242		

##### ②コンクリートの中性化試験

圧縮強度試験のコア抜きと同位置において、中性化試験用のコアを各階1本採取した。コアは直径方向に割裂し、割裂面にフェノールフタレインを塗布して中性化深度を測定した。試験結果を表-3に示す。試験の結果、推定最大中性化深さは最大15mmであったが、壁表面に存在するモルタル部分のみであり、コンクリートには中性化は進行していない。

##### ③地盤調査

本建物敷地内において確認のため地盤調査を行った。調査の結果、当敷地では地表面よりローム層、粘性土層、東京層（礫質土、砂質土、粘性土）、東京礫層、江戸川層（粘性土、砂質土）の順で構成されていることを確認した。また、PS検層結果より算定すると、表層地盤の卓越周期は0.32秒であり、第2種地盤と想定できる。



## 6. 改修計画

本建物を耐震改修するに当たり、郵便局という公共性の高い建物であることを考えると、施工中に使用を休止することが出来ず、居ながらの改修が要求された。しかし、従来の耐震補強方法では、耐震壁が増えるなど建物の使用性に与える影響が大きく、かつ居ながらの改修は困難であった。この問題を解決する方法として、2階の柱中央位置に免震装置を設置する中間階免震改修を行うことを計画した。さらに、免震層となる2階部分は改修後も宿舍として使用されるため、地震時の変形を出来る限り小さくし、平面計画も出来る限り変更しないことが要求された。そこで、地震時の変形を抑える目的で、制震壁と呼ばれる粘性ダンパーを2階梁と3階梁の間に取付けることとし、柱中央に設置されるアイソレータには減衰性能のない天然ゴム系積層ゴムを用いて、柱に生じるせん断力を更に抑えた。

本免震構造の概念図を図-2に、改修設計目標を表-4に示す。免震層となる2階は改修後、有効面積は若干減少するが、用途、機能、部屋数等を変えずに居住階として復旧する。改修前の2階平面図を図-3に、改修後の平面図を図-4に示す。

制震壁は各方向の減衰能力を等しくするために、各方向の有効面積が等しくなるように設計し、平面計画に影響を与えないようにもともと間仕切り壁のある位置で、かつ減衰力中心が建物重心と一致する位置に設けている。免震装置と制震壁の概要図を図-5に示す。

免震層となる2階を貫通するエレベータシャフトは、3階から吊り下げることとし、2階床とはクリアランスを設け、変位に追従できる構造とした。階段は2階床上で切断し、スリットを設けることで対処した。なお、本建物の構造体でのクリアランスは300mmとしている。

設備配管は免震層において縦型のフレキシブル継手とし、拡幅したPS内で大地震時においても水平方向の相対変位に追従するようにした。

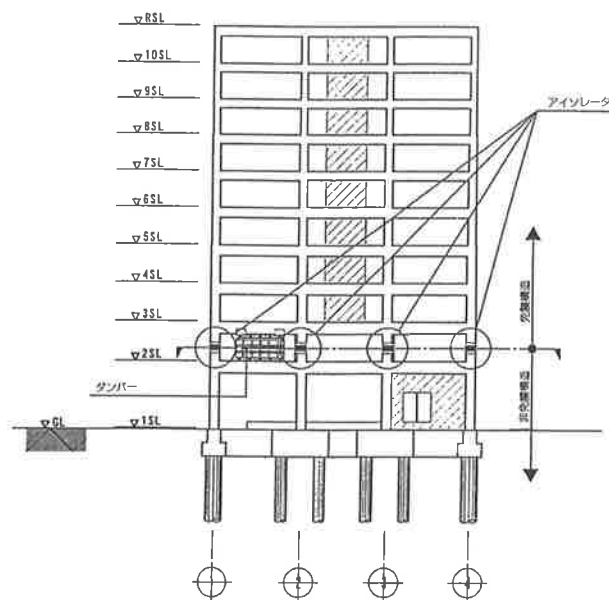


図-2 中間階免震改修方法の概要図

表-4 改修設計目標

レベル	改修設計目標	
	上部構造・基礎構造	免震装置
レベル1	部材レベルで弾性限以下	最大変形量 15cm 以下 浮き上がりを生じさせない
レベル2	架構レベルで弾性限以下 部材のせん断破壊を発生させない	最大変形量 25cm 以下 有害な浮き上がりを生じさせない

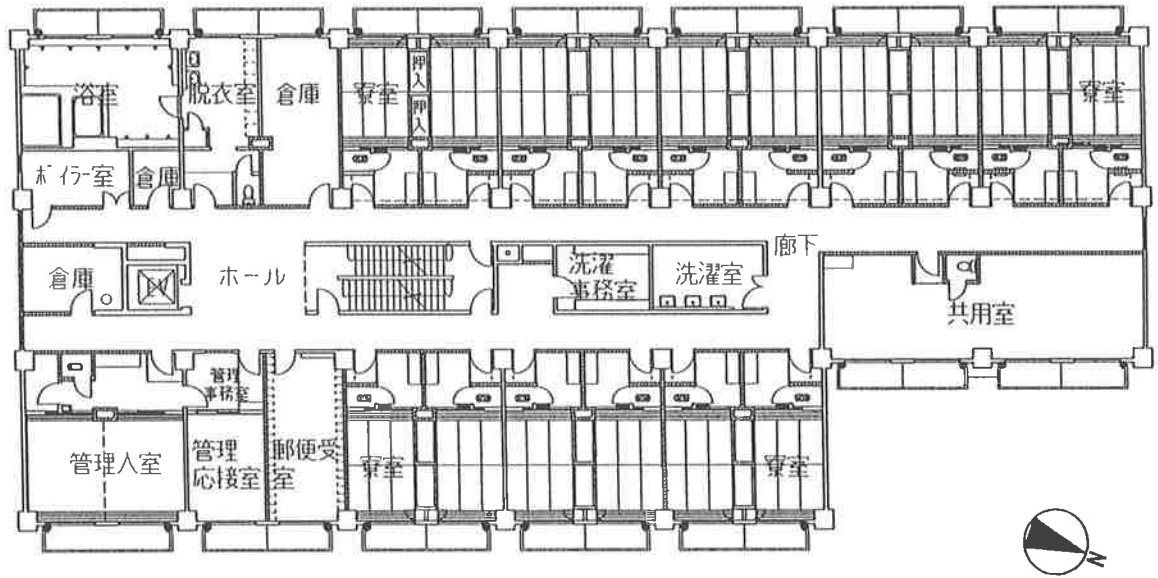


図-3 改修前の2階平面図

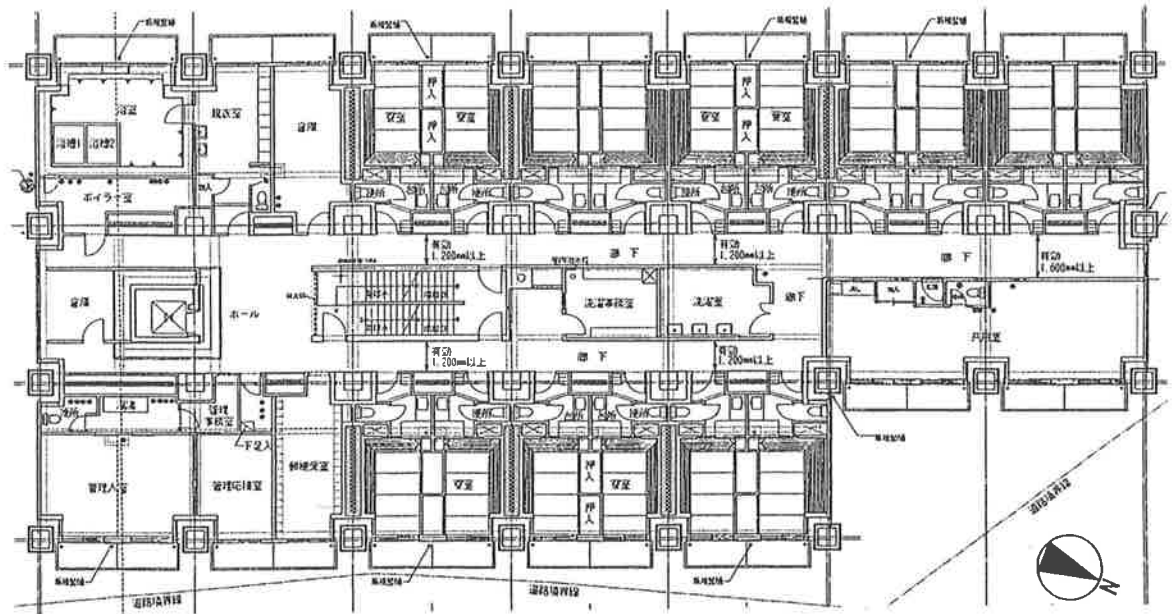


図-4 改修後の2階平面図



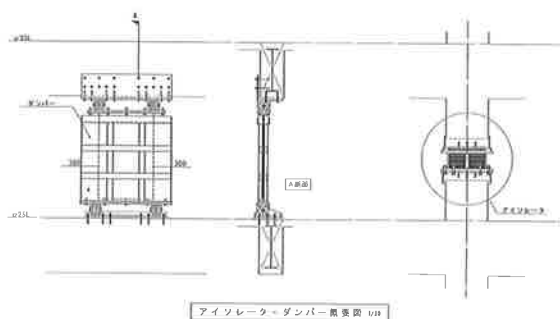


図-5 免震装置および制震壁の概要図

## 7. 免震装置と減衰装置の設計

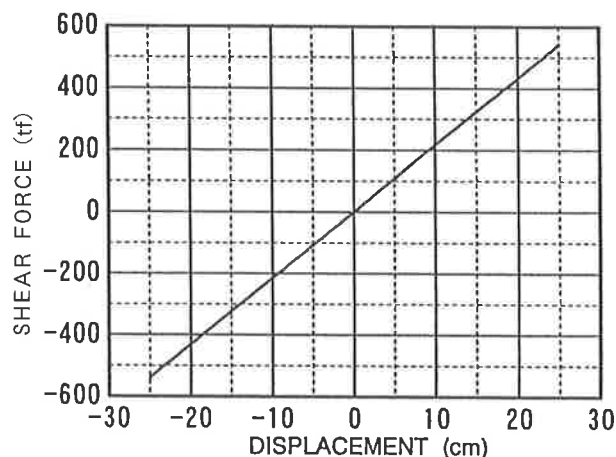
免震装置としては、積層ゴム免震装置を各柱中央に1基ずつ、600φを28基、700φを2基、合計30基を支持重量に応じて配置する。設計水平変位が小さいので一般の免震建物より小径の免震装置を使用している。

減衰装置は、2階と3階の梁間に桁行方向は12枚、張間方向は6枚、合計18枚を配置した。表-5にそれぞれの装置全数での諸元を示す。

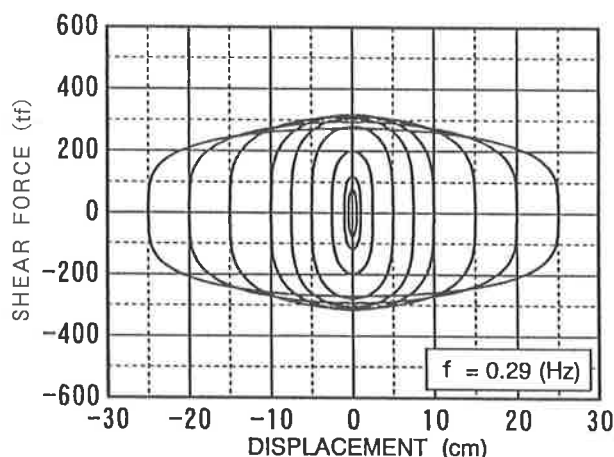
表-5 各装置の諸元

積層ゴム	せん断弾性係数 $G_r$	4.0 (kgf/cm <sup>2</sup> )
	ゴム有効高さ $T_r$	16.8 (cm)
	水平剛性 $K_h$	21.6 (tf/cm)
	鉛直剛性 $K_v$	43904.2 (tf/cm)
制震壁	粘性体の基本粘度 $\mu_{30}$	90000 (poise)
	有効面積 張間方向 $A_{sx}$	17.3 (m <sup>2</sup> )
	桁行方向 $A_{sy}$	17.1 (m <sup>2</sup> )
	初期減衰係数 張間方向 $C_{1x}$	80.6 (tf·s/cm)
	桁行方向 $C_{1y}$	79.5 (tf·s/cm)

制震壁は、従来は高層ビルの付加減衰装置として用いられてきたものであり、その分野では実績も多い。制震壁に使用する粘性体の粘度には温度依存性があり、その減衰性能は速度に対して非線形性を示す。設計においてはこれらを考慮する必要がある。本工事においてはこれを免震機構のダンパーとして用いている。実験によると制震壁をこのような大変形領域において使用する場合、過去に経験した最大変形量に応じて粘性減衰力が低減する。地震応答解析には、この低減も考慮に入れて解析することとした。図-6に本工事に用いた免震装置と減衰装置の復元力特性を示す。



積層ゴム免震装置の復元力特性



制震壁の復元力特性

図-6 各装置の復元力特性

## 8. 振動解析モデル

振動解析モデルは、12質点のせん断弾塑性単列マスーバネモデルとした。基礎を固定とし、地震動の入力位置とした。各階の復元力特性は、静的弾塑性解析より得られた層せん断力-層間変位曲線を基に、トリリニア型モデルに近似した。履歴特性は Degrading型のモデル (Takeda モデル) を採用し、除荷時剛性低下指数  $\gamma = 0.4$  とした。積層ゴム免震装置の復元力特性はLinear型とし、2階と3階の間に大変形領域での制震壁の減衰性能を表すダッシュポットを設定した。建物の減衰は内部粘性減衰を仮定し、上部構造体のみ1次振動に対して  $h = 2\%$  の瞬間剛性比例型とした。制震壁は減衰係数を直接指定し、内部粘性減衰マトリクスを作成し考慮した。また、建物使用時に想定される室温度を考慮して、制震壁粘性体の設計基準温度を20℃とし、設計温度領域は15~30℃と設定した。

## 9. 固有値解析

解析モデルの減衰項を無視した固有値解析結果を表-6に示す。

表-6 固有値解析結果 (固有周期と刺激係数)

振動モード		1次	2次	3次
張間方向	T (sec)	3.41	0.40	0.21
	$\beta$	1.02	-0.03	0.01
桁行方向	T (sec)	3.42	0.45	0.23
	$\beta$	1.03	-0.03	-0.01

固有周期は通常の免震建物の大変形時と同程度の長周期化された免震周期となっている。

## 10. 地震応答解析結果

設計に使用した入力地震動を表-7に示す。従来波についてはレベル1は最大速度を25cm/s、レベル2は最大速度を50cm/sと設定した。模擬作成地震動は本敷地表層地盤の影響を考慮した地震動で、センター試作波BCJ-L2を工学的基盤より入力し、建物基礎位置で得られた応答波形を採用している。模擬地震動はレベル2とし、その最大速度は70cm/sであり、地震動のカテゴリーとしてはC3となる。

表-7 入力地震動一覧

地震波名	観測最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	入力最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		計算時間 (sec)
		レベル1	レベル2	
El Centro,1940,NS	341.7	255.4	510.8	40
Taft, 1952,EW	176.0	248.4	496.8	40
Hachinohe,1968,NS	225.0	165.1	330.1	35
Hachinohe,1968,EW	182.9	127.7	255.4	35
模擬作成地震動	592.4	—	592.4	120

地震応答解析は設計基準温度(20℃)と設計温度領域の最低値(15℃)と最高値(30℃)で行っているが、ここでは張間方向の設計基準温度での応答結果を図-7に示す。免震層よりも上層階での応答加速度値がレベル2の入力に対しても300cm/s<sup>2</sup>以下と小さい。さらに免震層に制震壁を用いることで、免震層の応答層間変形を250mm以下に抑制することができ、免震装置の取り付け2階柱への層せん断力が低減できている。また、非免震構造の1階でも当初の設計地震力を下回る応答層せん断力である。レベル2相当地震動の解析においても十分に設計目

標を満足する結果となった。

## 11. 補強検討

この応答解析結果より、既存建物への補強の有無を検討した。上部構造に関しては、主にエレベーターシャフトと階段の鉛直荷重支持のため2、3階梁の一部に補強が必要となるが、それ以外の階の柱、梁および壁には補強はない。また、基礎構造に関しても、基礎梁・杭共に補強の必要はないという結果となった。

## 12. 工事について

改修工事は免震層となる2階以外をすべて使用しながら行っている。下は郵便局、上は宿舎であり建物は平日も休日も昼間・夜間ともどこかしら使われている。

2階に集中した工事階で構造体の免震化、設備配管類、仕上げ類の免震対応化工事を行う。本構法で採用した柱の切断及びアイソレータの設置手順を図-8に示す。鋼製の圧着治具で柱をつかんで軸力をジャッキに移行し、柱切断、免震装置設置後、フラットジャッキで軸力を柱に戻す方式であり、工事により構造体に生じる変位、応力を極力小さくすることができる。

## 13. まとめ

耐震改修に「中間階複合型免震レトロフィット構法」を用いた。本構法を採用することで、免震層よりも上部での層せん断力はもちろん、制震壁により免震階の柱も、非免震である下層階の層せん断力も低減することができた。建物構造体の補強、建物平面、外観の変更を最小限に抑える事が出来た。本建物の耐震改修に適用するには有効な構法であると考えられる。

## 謝辞

本建物の計画・設計・施工に当たり、東京郵政局施設部の方々に多大なご協力とご指導を頂きました。厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

河井慶太他：複合型免震レトロフィット構法の開発(その1～5)、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999

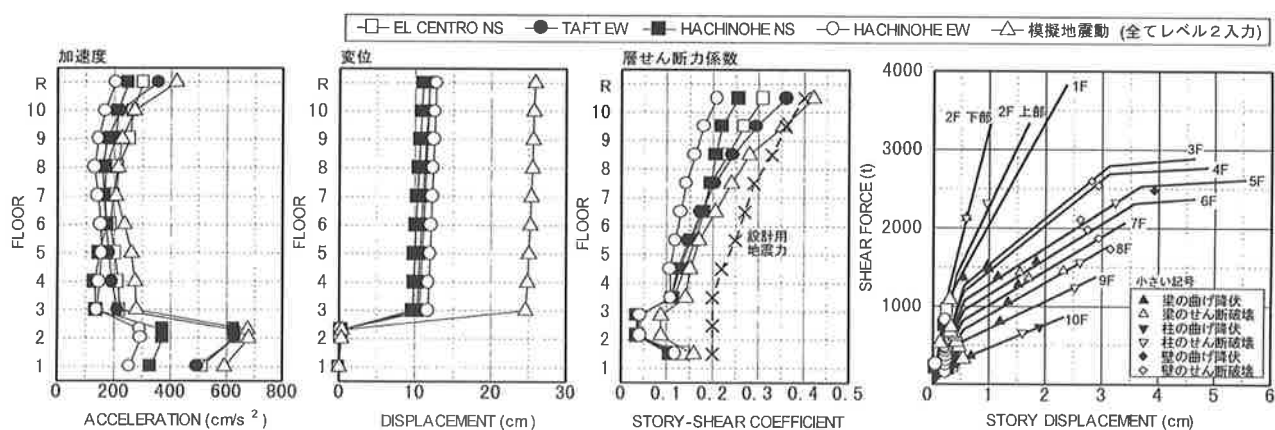
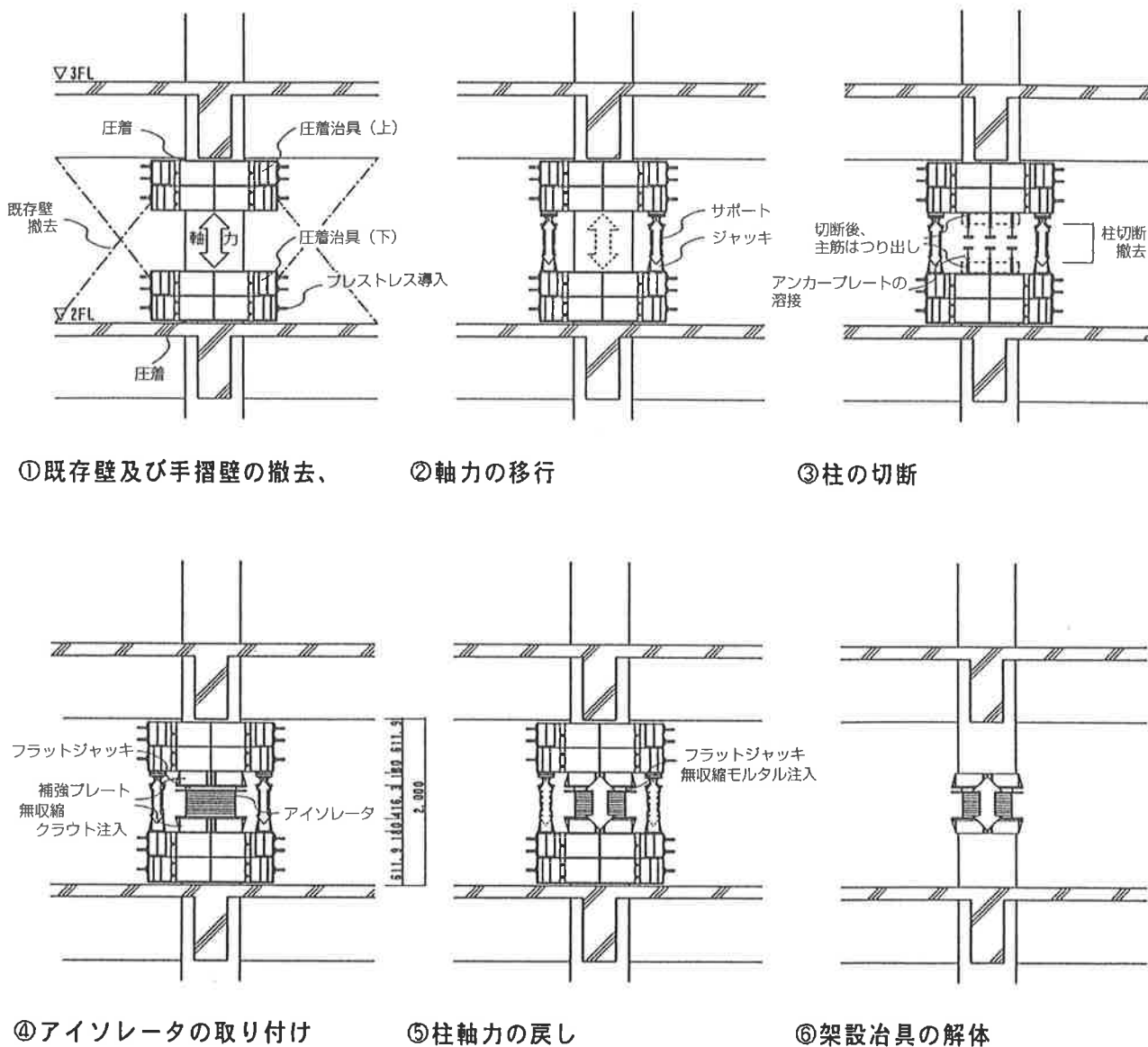


図-7 応答解析結果 (設計基準温度: 20°C)



免震装置の設置手順

図-8 柱の切断及びアイソレータの設置手順

# コンフォートパティオ熊谷東

(株)江田組：江田 登 同：加賀 慶樹 大日本土木：加藤 広宣 同：長山 浩二 同：井上公太郎



## 1. はじめに

高嶺の花だった免震が実現性を帯びたのは多田英之先生の「免震」という本との出会いに始まる。福岡市の連絡先を調べて電話連絡をとり東京で話を聞くことになった。偽免震がまかり通っている、免震部材はもっともっと安くなるはず、4秒免震を普及させたいという先生の熱弁と、すべてが実験に裏付けされた自信にあふれる情熱に即座にコンサルタント契約をお願いした。先生の紹介で、大日本土木(株)に構造設計協力をお願いすることになり今日に至っている。

(株)江田組は埼玉県北部の熊谷市にあり、総合建設業を生業とする。創業77年と歴史はあるものの社員約40名、年高30億程度の中小企業である。平成4年に社内スタッフのみで土地の仕入れから企画、設計、施工、販売まで取り扱う分譲マンション事業「コンフォート」シリーズを開始した。2年に1棟の割合で推移してきており約200戸を供給、今回の「コンフォートパティオ熊谷東」は第5作となる。

地方都市での分譲マンション事業はハイリスク、ローリターンと難しい。徹底したローコスト、30坪弱の広い間取り、コルクタイルと炭化コルクを組み合わせた床材「コルクフォート」の開発および特許取得、生ゴミをコンポスト化する施設の導入など、常に新しい指向を取り入れてきた。本建物は、地下に駐車場を設けることにより、地上にパティオ(中庭)を計画することが可能となった。熊谷駅から徒歩8分に緑豊かな環境共生マンションを実現しようと山留め工事が始まったばかりである。もちろん熊谷市では最初の免震マンションである。

## 2. 建物概要

建物の外観パースを図-1に、基準階平面図を図-2に示す。基準階は、66.3m×10.8mと東西に細長い平面形状となっている。立面形状は、6階で西1スパン、8階で東西1スパンがセットバックするほか、8階柱は南北に腰折れしている。



図-1 外観パース

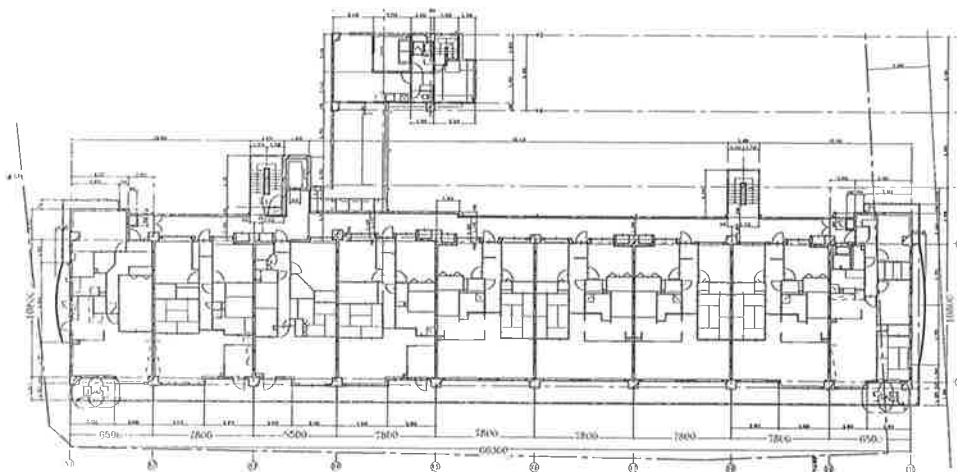


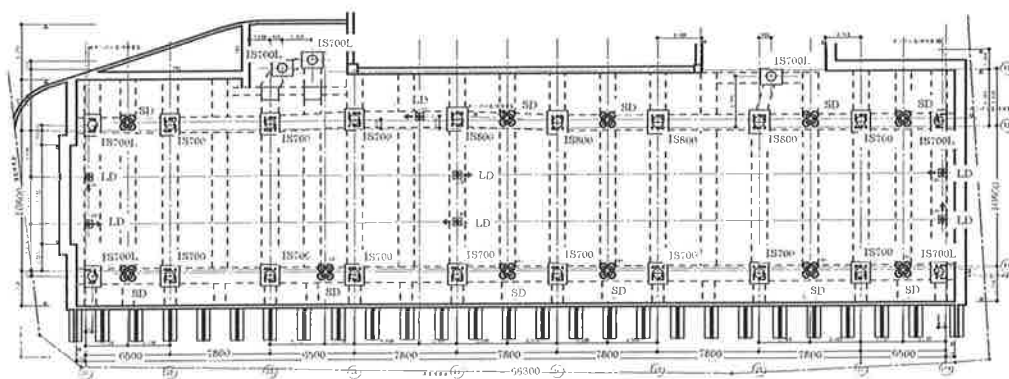
図-2 基準階平面図

建築主：(株)江田組  
 建設地：埼玉県熊谷市銀座2丁目67-1  
 一般設計：(株)江田組  
 構造設計：大日本土木(株)東京支店  
 施工：(株)江田組  
 用途：共同住宅  
 敷地面積：2,821.65㎡  
 建築面積：985.212㎡  
 延床面積：7,649.13㎡  
 階数：地上8階・地下1階・塔屋1階  
 軒高：SGL+22.86m  
 最高高さ：SGL+23.16m  
 基準階階高：2.77m  
 構造種別：鉄筋コンクリート造

### 3. 構造計画

主体構造は、鉄筋コンクリート造であり、架構形式は、X方向が純ラーメン架構、Y方向がピロティを有する連層耐震壁架構である。免震部材は、地下1階直下に配置している。使用する免震部材は、積層ゴム(23体)、鉛ダンパー(7体)および鋼棒ダンパー(11体)である。積層ゴムは、 $G=3.5 \cdot \phi 700$ 、 $G=4.5 \cdot \phi 700,800$ の3種類を使用し、免震周期が長くなるよう留意している。

基礎構造は、SGL-6.9mの礫層を支持層とする直接基礎(べた基礎)としている。図-3に免震部材配置図を、図-4にY1通り軸組図を示す。



IS700L:積層ゴム  
 IS700  
 IS800  
 LD:鉛ダンパー  
 SD:鋼棒ダンパー

図-3 免震部材配置図

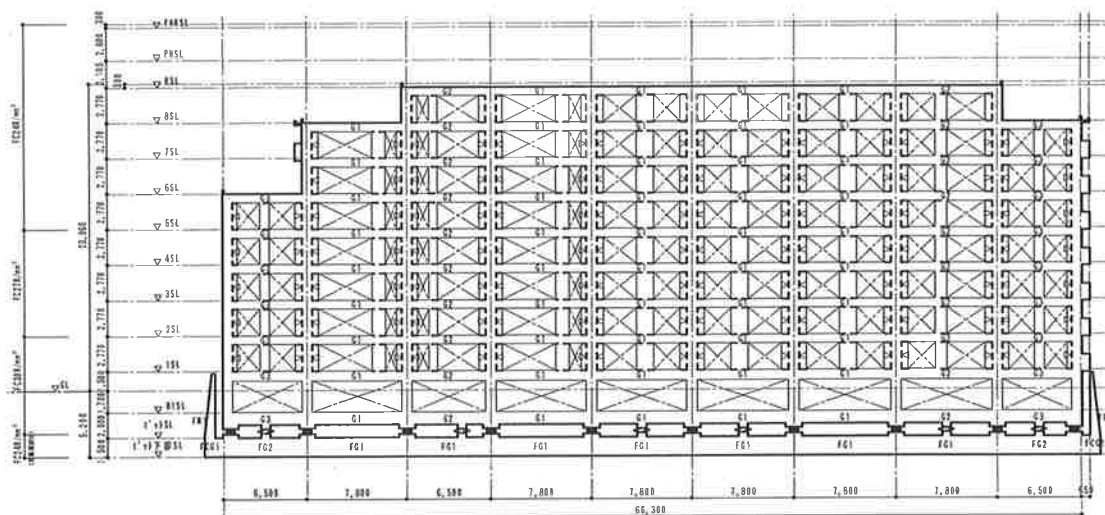


図-4 Y1 通り軸組図

#### 4. 設計方針

免震建物として、建物居住者および内容物の安全を確保することを目標とし、以下に示す目標性能を設定する。対象とする地震動は、レベル1（最大速度25cm/sec相当）およびレベル2（最大速度50cm/sec相当）の2つとする。

表-1 目標とする耐震性能

	レベル1	レベル2
上部構造	A	B
免震部材	A	A
基礎構造	A	A

表-2 耐震性能グレード

グレード	状態
A	許容応力度、安定変形以内
B	弾性限耐力、性能保証変形以内
C	終局耐力、終局限界変形以内

#### 5. 振動解析

##### 5.1 解析モデル

地震応答解析には、B1階からR階の各階床位置に質量を集中させた多質点系等価せん断ばね（非線形）に免震層のスウェーロッキングばねを付加したモデルを用いている。減衰は、剛性比例型の内部

粘性減衰とし、1次振動系に対して3%を仮定する。免震層の復元力特性は、積層ゴムとダンパーの復元力を組み合わせたTri-Linear型として評価し、履歴減衰のみを考慮する。

##### 5.2 入力地震動

地震応答解析には、標準的な波形2波、長周期成分を含む波形2波および地域特性を表す模擬地震波1波の計5波を採用した。

表-3に、採用した入力地震動の諸元一覧を示す。

表-3 入力地震動一覧

地震動名称	最大加速度 [cm/sec <sup>2</sup> ]	
	レベル1	レベル2
EL CENTRO NS	255.4	510.8
TAFE EW	248.4	496.8
HACHINOHE NS	165.1	330.1
HACHINOHE EW	112.7	225.4
AW-KUS1	—	541.6

※AW-KUS1の最大速度は43.2cm/sec

##### 5.3 解析結果

固有値解析より得られた建物の固有周期を表-4に示す。



表-4 建物の1次固有周期 [sec]

	X方向	Y方向
上部構造のみ	0.82	0.27
微少振幅時	1.55	1.47
レベル1地震時	2.87	2.80
レベル2地震時	3.32	3.16
ダンパー剛性無視	3.93	3.88

レベル2地震応答解析より得られたX方向の最大応答層間変位を図-5に、最大応答層せん断力を図-6に、最大応答加速度を図-7に示す。

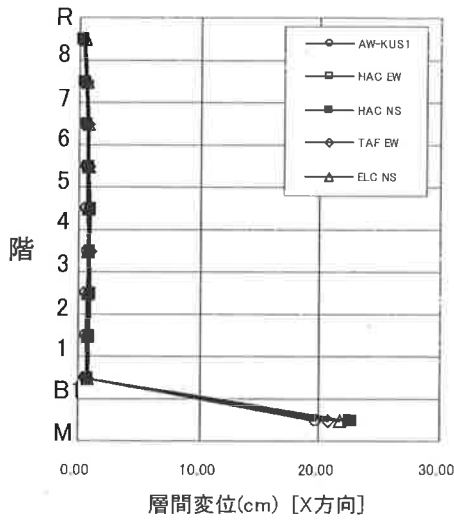


図-5 最大応答層間変位 (X方向)

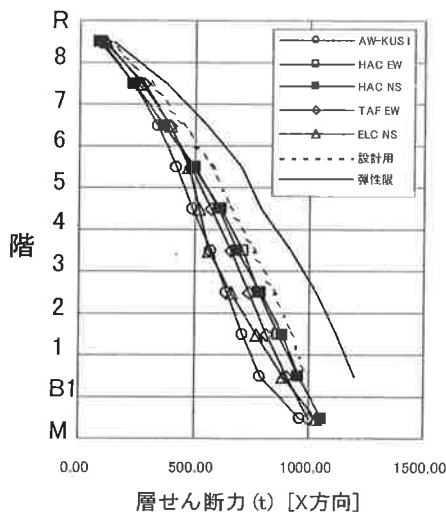


図-6 最大応答層せん断力 (X方向)

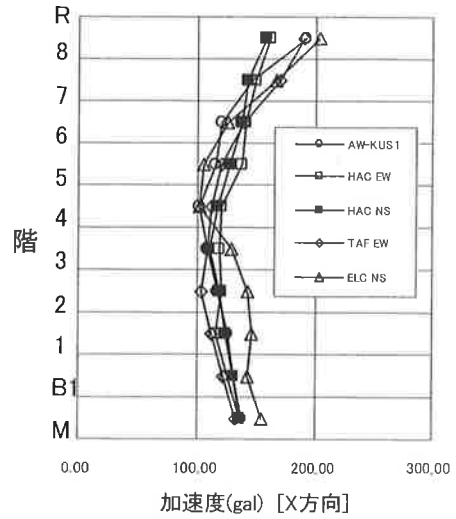


図-7 最大応答加速度 (X方向)

## 6. おわりに

熊谷市で初めてとなる免震マンションの概要について示した。今回、免震構法を採用することで、地下1階を完全なピロティとし、駐車場として有効活用ができた。そのため、残された地上部分をパティオとして緑豊かな空間を提供することが可能となっている。本建物は、1999年9月に着工し、2000年9月に竣工する予定である。

# 免震建築訪問記 S邸新築工事

横浜ゴム 永野 勇



新日本製鐵 加藤 巨邦



前田建設工業 細川 洋治



## 1. はじめに

阪神・淡路大震災の記憶がまだ新しいなか、トルコ、ギリシャに続いて、日本のお隣、台湾でも大地震が発生し、改めて地震の驚異を思い知らされるなか、今回の免震建築訪問は、戸建て住宅の免震化を積極的に押し進めていらっしゃる㈱一条工務店の免震戸建て住宅「S邸」に、出版委員会から担当の細川、加藤（巨）、永野と、オブザーバーとして鳥居の4名がお邪魔致しました。

浜松駅集合後、㈱一条工務店 岡村氏、高橋氏の御案内で、現場まで車で移動致しました。現場は浜松駅から車で約30分の所にある高台の上にあり、浜松市が一望出来る、大変素晴らしいロケーションに建てられておりました（写真-1）。

今回の免震構法「一条ハイブリッド免震構法」については、前号（25号）「免震建築紹介」で㈱一条工務店殿より紹介済みですが、戸建て住宅では初めての量産を意識した免震建築と言うことで、メンバー一同興味深く拝見させて頂きました。



写真-1 「S邸」外観

## 2. 建物概要

今回訪問致しました建物の概要は以下の通りです。

所在地：静岡県浜松市内

敷地面積：1296㎡、建築面積：104㎡

延べ床面積：165㎡

規模：地上2階

基礎構造：直接基礎（ベタ基礎）

構造形式：在来木造軸組み構法

免震部材：積層ゴムφ250×4基及びすべり支承23基  
設計：㈱一条工務店、ブリヂストン、日本システム設計

施工：㈱一条工務店

## 3. 免震構造概要

免震部材は「一条ハイブリッド免震構法」の特徴である低弾性積層ゴムとすべり支承の組み合わせとなっており（写真-2、3）、配置は図-1の通りとなっております。前号の解説の中でも触れられていましたが、戸建て住宅の免震化は、その軽さ故に従来の免震建築とは違った課題があります。特に風荷重に対してはかなり検証されており、風速35m/sec程度の強風が吹いて初めて、建物が動き出す程度にまで抑えられております。またトリガー機構を持つ補助デバイスは使用しておらず、すべり支承の摩擦係数をコントロールすることによって耐風性能を満足させています。また地震による変位量は、レベル2で約21cm程度となっており、27cm（245%）変形でストッパー機構が作動する設計となっております。

免震部材はベタ基礎と鉄骨土台の間に設置されており、1階部分の床高はGL+80cmとなっており、免震部材の小型化と鉄骨土台の最適化の検討によ

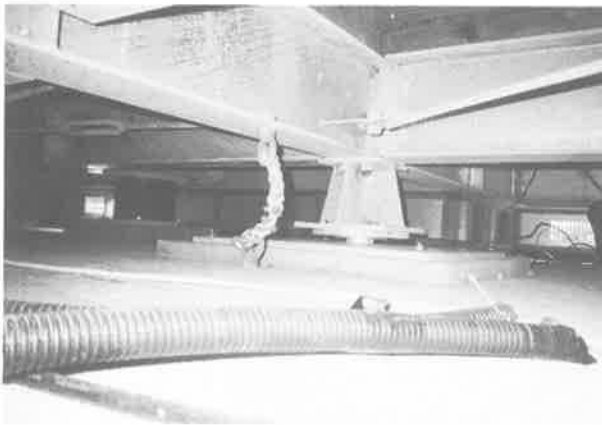
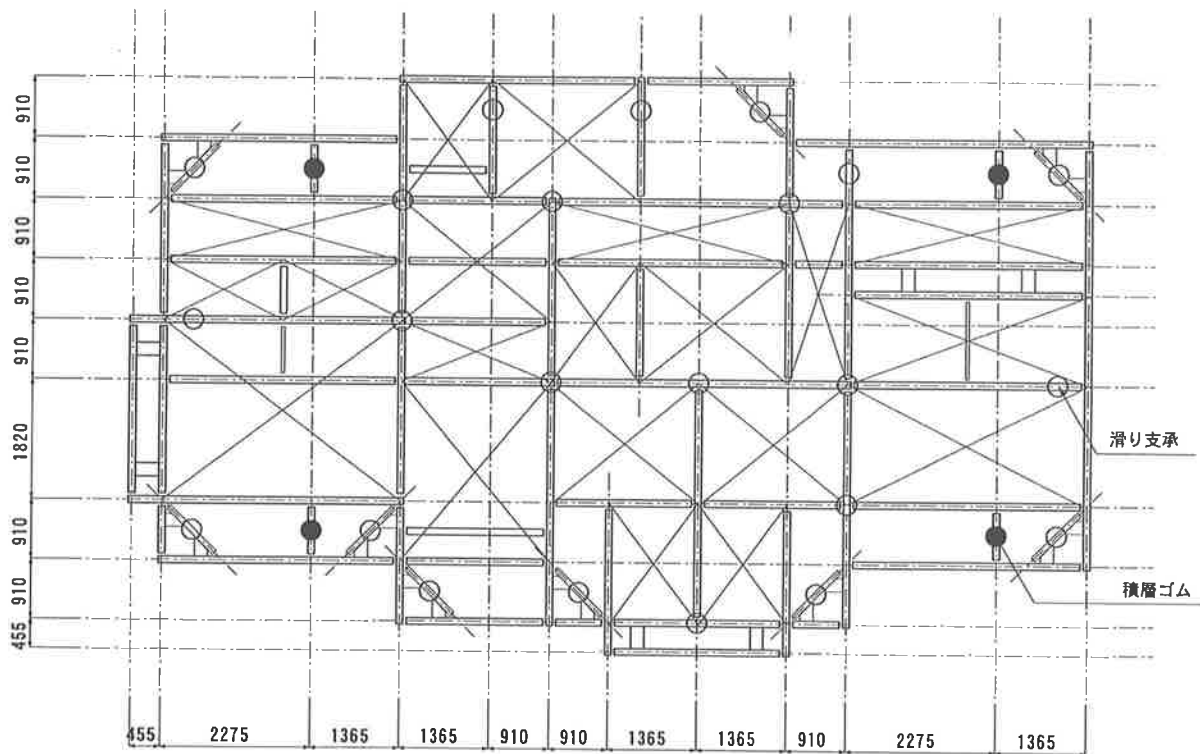


写真-2 免震装置設置状況



写真-3 すべり支承



凡例

- 積層ゴム支承
- すべり支承

S邸鉄骨土台伏図・免震部材配置図

て、点検スペースを確保しても通常の耐震住宅より+10cm程度のアップ（段階1段階増し）に抑えられています。

メンテナンスについては通常のビル建築と違い、建物管理会社にメンテナンスを依頼する事は出来ないで、メンテナンスフリーを目指していますが、実際の部材点検は物置スペース下のハッチより床下に入り行います（写真-4）。

外構関係は、エアコン室外機、プロパンガスボン

ベ等は周囲に設置する事ができないため、上部構造から鉄骨の持ち出し部を設け、そこに載せることで、対応しています（写真-5）。また出入り口の階段は最上段部分を上部構造と一体として、階段基礎との間にクリアランス（5mm程度）を設け水平方向の動きに対応しています（写真-6、7）。さらに基礎部分と上部構造のクリアランスには、上部外壁にスカート状にゴム板を全周にわたって設置してあり（写真-8）、小動物及び雨水の進入を防いでいます。



写真-4 免震層点検用ハッチ



写真-7 階段部納まり(詳細)

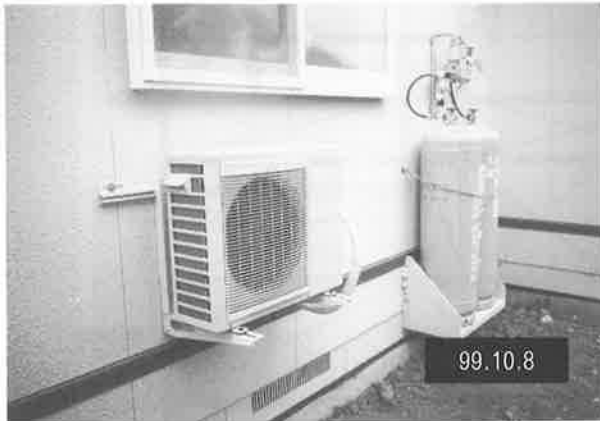


写真-5 エアコン室外機・プロパンガスボンベ設置状況



写真-8 基礎・上部構造間クリアランス処理



写真-6 階段部納まり

#### 4. 訪問談義

建物概要の説明後、外部、内部にわたって拝見させて頂いたのちに、本住宅のオーナーでいらっしゃるS氏及び(株)一条工務店 岡村氏、高橋氏に在来木造軸組構法の免震化に纏わるお話を伺いました。

まずS氏に免震住宅購入の理由をお聞きしたところ、「地震に対する安全性」と「価値観の問題」、2つのお答えを頂きました。「安全性」については、まさに免震建築物が、その大小を問わず掲げているメリットであり、当然の回答と思われましたが、「価値観」の意味合いが、「家族の生命にいくら投資出来るか」と言う利益・満足追求目的でない投資に対する価値観の差、という点が注目されました。

またS氏は「普段暮らしている中では、免震構造であることは全く意識していない。実際地震が起きて初めて実感すると思う。」「購入に当たっては、免震構法のビデオを見て、安全性を理解してくれた妻の賛成があったこと、事前の説明が細かく行われ、

免震構造のメリット・デメリットが分かった事も大きな要因」とのお話もありました。実際、外部内部とも一見して免震構造であることが分かる部分は少なく、購入者は特に意識することなく済むと思われます。また事前の打ち合わせを綿密に行ったため、途中での設計変更が無く、それによる工期の問題も起きなかった、との事でした。またメンテナンスについても「従来の戸建て住宅は、定期的なメンテナンスなど無かったが、免震にすると定期的にメンテナンスに来てもらえるので、逆に安心感があって良い」との事でした。

現在年間で約117.9万戸（平成10年度／建設省発表）の住宅が建てられていますが、免震住宅は5件（平成10年度）と非常に少なく、普及しているとは言えない状況です。S氏はその要因について、1. コスト高、2. 建築までの期間が長い、3. （評定後）設計変更が事実上出来ない、4. 増改築が事実上出来ない、5. 税金、保険に免震建物の優遇制度がなく、割高感がある、との指摘をされています。

1及び2については以前より指摘されていたことですが、特にコストについては「車1台分」とよく言われますが、限られた予算の中で、何時起こるか分からない地震に対してそれだけの金が掛けられるかどうかは、なかなか理解を得難い事項であるとのことで、「坪50万円台でないと、なかなか決心がつかない」との事でした。また購入者としては、設計前に全てを決めなくてはならない点、将来の家族構成の変化に伴う改築が出来ない点、更に安全性が売り物であるはずが、税金、保険に関しては優遇制度がなく割高感がある（免震なのに地震保険つき火災保険に入らざるを得ないetc）等が購入の妨げになっている点が興味深い点でした。

最後に㈱一条工務店 岡村氏、高橋氏に、戸建て住宅免震の普及に対するの取り組みをお伺いしたところ、「免震構造のメリット・デメリットを正確に説明できる社内体制」と、「複数メーカー参入による業界あげでの取り組み」、設計手法としては、「免震化による上部構造の設計自由度を生かした設計手法の確立（間取りの自由化）」が必要との事でした。また岡村氏の「とにかく関係者に免震を好きになって欲しい。好きになれば自然と需要を創造できる」との発言に、訪問者一同共感した次第です。

## 5. おわりに

今回の「免震建築訪問記」は戸建て免震住宅であり、更に実際購入されたオーナーのS氏に貴重なお話を聞くことができ、大変興味深い訪問でした。住宅免震の潜在的需要は以前より指摘されており、先に広島で開催された建築学会でもかなりの論文が発表され、注目を集めている分野であることは間違いありません。しかし実際の購入者の立場から免震住宅を見ると、まだまだ魅力的な建物とは言えないのが現状ではないでしょうか？ コストの改善は勿論の事、それ以外の部分にも改善の余地がまだまだあることを実感させられる訪問でした。

最後になりましたが、大変お忙しい中、長時間御案内頂きました(株)一条工務店 岡村氏、高橋氏、及び、新築間もない御自宅を見学の場に御提供頂きましたS氏に厚く御礼申し上げます。



写真-9 「S邸」一条工務店殿を囲んで

# 坂田電機株式会社吉祥寺事務所

大日本土木 跡部 義久



新日本製鐵 加藤 巨邦



## 1. はじめに

吉祥寺駅の雑踏を通り抜け、武蔵野の面影を残す五日市街道に出た所に、樹木との一体感を創出し、環境にも配慮して計画された免震建築「坂田電機(株)吉祥寺事務所」に出会えます。外部からも免震構造の建物であることが判るようにパネルが置かれ、入り口ホールには模型が展示されていてPRも行き届いていました。この建物は計測器メーカーの「坂田電機(株)吉祥寺事務所」として使用されているため、地震観測、建物変位、等の計測が設計施工を担当した東急建設と協力して行われております。また免震層に機械式駐車場を設置しており、建設当時は比較的新しいタイプの免震建築であったと思われます。

今回訪問したのは出版委員会の須賀川委員長、跡部委員、加藤(巨)委員の3名でした。案内をして頂いたのは東急建設(株)で構造設計を担当された斎藤良仁氏、現地での説明は坂田電機(株)営業部鈴木隆次長、計測工事部稲見宣一課長が対応してくれました。

## 2. 建物概要

建物概要は下記の様になっております。

所在地：東京都武蔵野市吉祥寺本町1-20-8

建物用途：事務所

構造規模：鉄筋コンクリート造（ラーメン構造）

地下1階、地上4階、塔屋1階

基礎構造：直接基礎（ベタ基礎）

免震部材：高減衰積層ゴム

700φ×7基、650φ×4基

敷地面積：333.54㎡

建築面積：264.38㎡

延床面積：1242.80㎡

軒 高：GL+14.70m

工 期：平成8年6月1日～平成9年4月30日

設 計：東急建設株式会社

施 工：東急建設株式会社



写真—1 建物全景



写真—2 入口右手側に設置された案内板



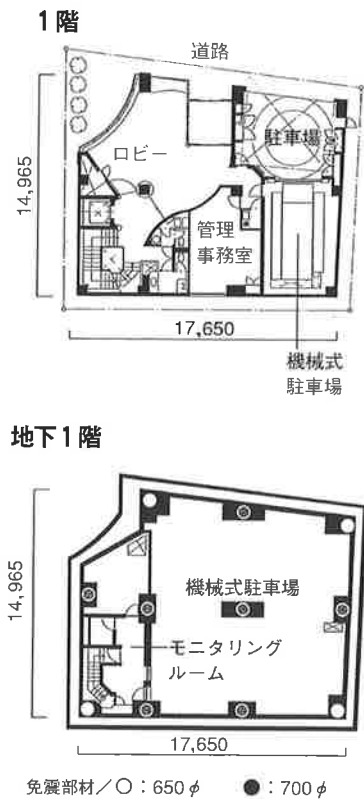


図-1 概略平面図

表-1 計測項目一覧

測定部位	計測項目	工事中	建物完成後	
			常時	地震時
基礎	接地圧	○	○	○
	相対沈下	○	○	—
地下外壁	側圧	—	○	○
地中梁	曲げ応力	○	○	○
柱(地階、1階)	軸力	○	○	○
免震部材	変形	—	○	○
地中(GL-30m) 地階、1階、R階	応答 加速度	—	—	○

### 3. 免震構造概要

断面図にあるような軸組で計画され機械式駐車場が免震層に組み込まれています。免震層を有効に利用することで地下を浅く、ピットとのクリアランスを少なくして隣地との間隔を小さくし、敷地の有効利用を図っています。

積層ゴムは高減衰積層ゴムをセラミックファイバーで覆って耐火構造とし、断面図にもあるように、地下1階柱頭部に設置されています。さらにフェールセーフ支承としてコンクリート支柱が設けてあり、

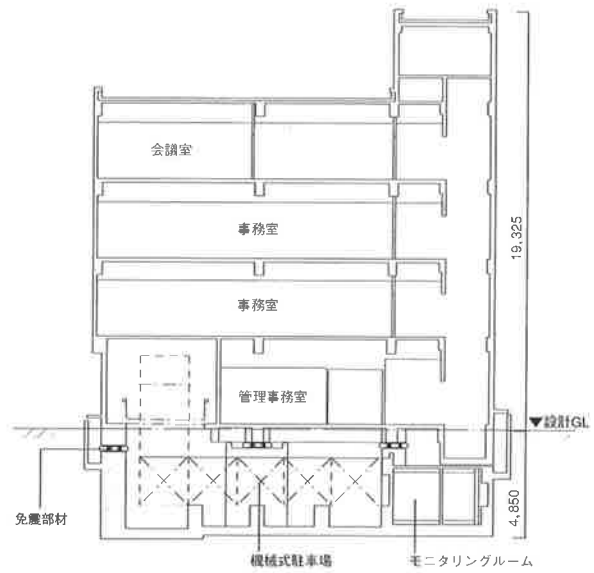


図-2 断面図

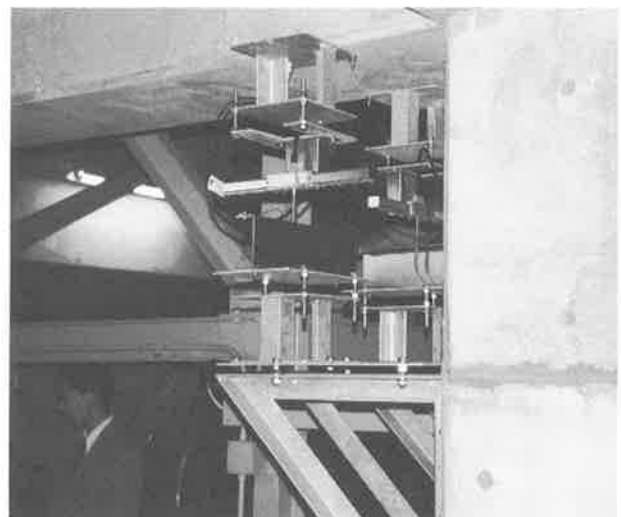


写真-3 免震層に設置された計測器

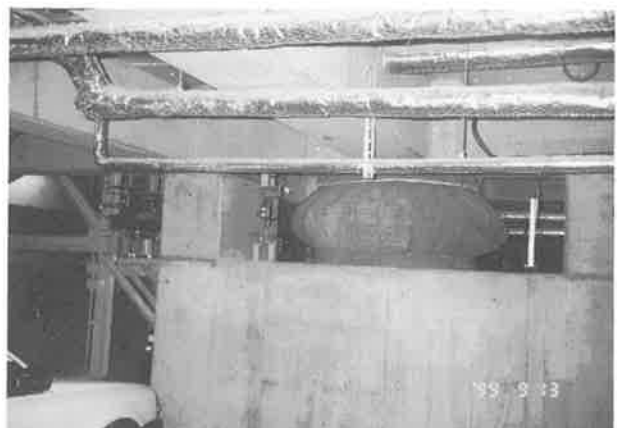


写真-4 耐火被覆された積層ゴムと計測器

設計時点での創意工夫が随所に見られました。

前述のように多くの計測センサ（250点）が配置され、断面図にあるようなモニタリングルームを設けてデータの収録を行っております。よくある免震建築での地震観測だけでなく、基礎の接地圧、地下外壁側圧、地中梁・柱の応力、免震層（積層ゴム）の鉛直・水平変位等の常時計測を行っており、維持管理にも活用できます。

#### 4. 見学記

見学終了後、建設当時からの話を前述の鈴木さん、稲見さん、設計者の斎藤さんに伺いました。

この建物は東急建設㈱から当時としては新しい構造として、免震構造が提案され、施主側が積極的に受け入れたという経緯があったそうです。通常の免震建築よりも計測器が多く設置されているのは、坂田電機㈱が計測エンジニアリングの会社であるためです。各種の計測器を設置するために新たに開発をする等この建物を十分に活用しており、コストを無視して試験的に設置した部分もあるという感じを受けました。ただ維持管理を自動化できるようなこともあり、人力に頼る事無く必要なデータが得られる事例として、今後の維持管理の方向を提起しているような感じも受けました。

今後自動化された計測システムと手作業とのコスト、精度、即時性、等の比較で選択されていくのではと思われました。

この建物が建設されてからここで仕事をされている鈴木さんのお話ですが、地震時にここにいた時の様子はゆっくりユッサユッサ静かに揺れていて突き上げるような今まで経験した激しい地震の感じはしなかったとのことでした。

また地下の機械式駐車場等で特に免震にしたことによる問題も無かったという話を聞いて今回の訪問を終えました。

最後にご協力頂いた坂田電機㈱、東急建設㈱の関係者の方々に心からお礼申し上げます。

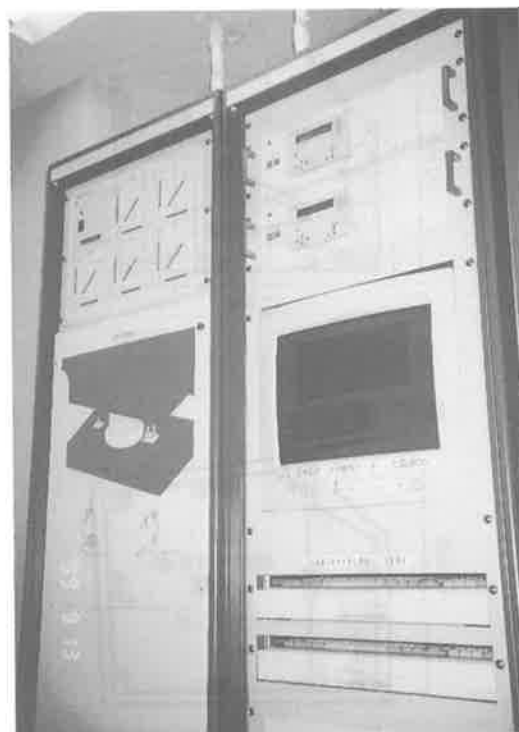


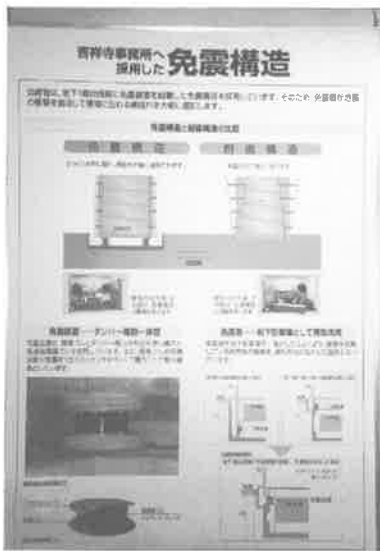
写真-5 モニタリングルームに設置された計測器



写真-6 見学者と説明者一同



写真-7 デイスカッション風景



本建物の説明パネル 1



本建物の説明パネル 2



本建物の説明パネル 3

# 加熱発泡ゴムを利用した 免震積層ゴム用耐火被覆システム

大林組 堀 長生

同 高橋 晃一郎



## 1. はじめに

免震積層ゴムは、上部構造の基礎部分に設置されるのが一般的であったが、近年では免震階の高度利用を図るため中間階免震として免震積層ゴムに耐火被覆を施し、免震階を駐車場や倉庫などに利用するケースが増えている。従来、このような耐火被覆材として不燃性のセラミックプランケットやガラスクロスを用いたものが開発されているが、変形追従性を確保するために施工方法が複雑であったり、コストが高いなどの問題点を有していた。

最近では耐火被覆の材質にかかわらず、火災の前後で積層ゴムの支持耐力や変形追従性能に低下がなければ良いとする性能評価法が注目されており、加熱発泡ゴムを利用した免震積層ゴム用耐火被覆システムはまさにその性能評価法により設計された構法であり、以下にその開発ポリシーと開発経緯について述べる。

## 2. 積層ゴム用耐火被覆システムの要求性能

積層ゴム用耐火被覆システムに要求される性能は、柱や梁などに用いられる耐火被覆と同様に火災時には、それ自体有害な変形や脱落がなく内部の免震積層ゴムを火災による温度上昇から守ることが求められる。鎮火後は、積層ゴムの化学組成や形状に変化がなく初期の免震機能を保持することに加え、耐火被覆材の取り替えが容易に行えることが求められる。地震時には、積層ゴムの二次元の水平変形に対して損傷することなく追従し、地震後は復元して所定の取り付け位置に戻る構造性能を有していることが求められる。既にセラミッククロスやセラミックプランケットなどの不燃材料を用いた耐火被覆が開発、商品化されているが、このような材料では、地震時にどのように免震装置の動きにあわせて耐火被覆材を変形追従させるかが開発のポイントであり、通常変形追従させるために、耐火被覆材料に余裕をもたせて張る方法や単に上から吊り下げる方法が採られている。

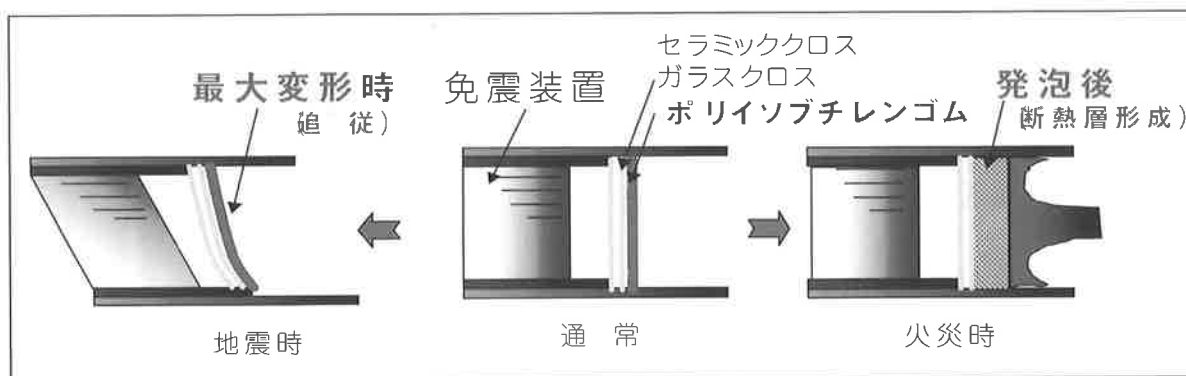


図1 免震積層ゴム用耐火被覆システム

### 3. 加熱発泡ゴムの有効性

#### 3.1 ポリイソブチレン (PIB) ゴムの特性

本耐火被覆システムは加熱発泡PIBゴムを使用することで地震時の追従性と火災時の耐火性を確保できるように設計したものである。図1はその概要を示したものである。

地震時には、耐火被覆自体が弾性を有するゴムであるため、免震積層ゴムの変形に追従することが可能である。しかし、ゴムは有機系高分子であるため火災に対してそれ自体可燃物となるため使用できないと考えるのが一般的であろう。

しかし本システムに採用したPIBゴムは図2に示す組成配合の加熱発泡ゴムであり、この中に含まれるポリリン酸アンモニウムが約200℃から熱分解を始め、CO<sub>2</sub>やN<sub>2</sub>などの不燃性ガスを発生しながら膨張すると同時に、ゴム自ら燃焼を伴い炭化することで、無機の炭酸カルシウム成分とともに不燃断熱層を形成する仕組みである。また、PIBゴムは透湿

抵抗が大変高いため湿気に弱いポリリン酸アンモニウムの劣化を抑制し、長期にわたり加熱発泡性を保つことが可能である。

以下にこのような加熱発泡ゴムを用いた耐火被覆システムの有効性を検証するため、各種ゴムの燃焼時の裏面温度上昇とコーンカロリー計による発熱速度、発煙量、COガス濃度などの測定を行った。

#### 3.2 ゴム種類の検討

##### 3.2.1 試験の概要

積層ゴム用耐火被覆材として最適なゴムの種類を選択するため、表1に示すように難燃性の高いシリコン系ゴムなど5種類と、加熱発泡倍率の異なるPIBゴムを3種類選び、6mm厚さに成型したものをを用いた。

試験条件は以下に示す通りである。

試験装置：コーンカロリー計（図3参照）

（アトラス社製 CONE II）

設置方向：水平方向

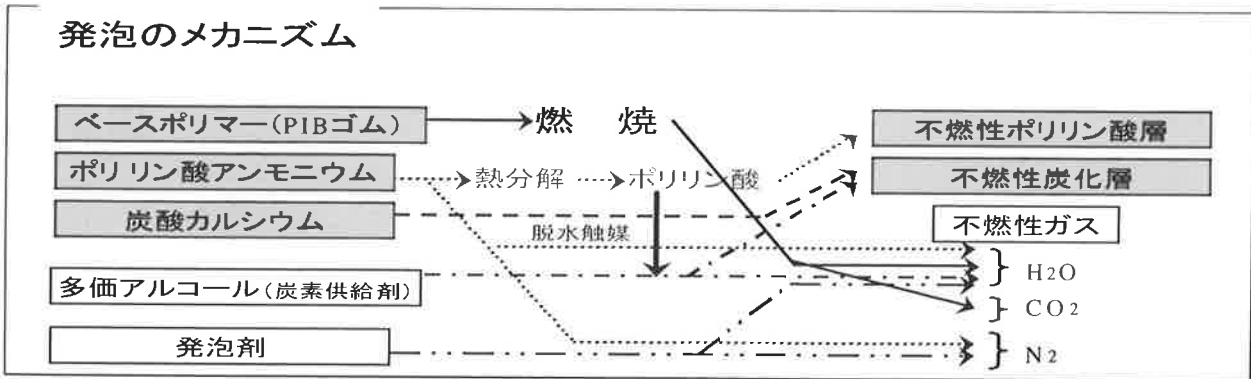


図2 PIBゴム発泡のメカニズム

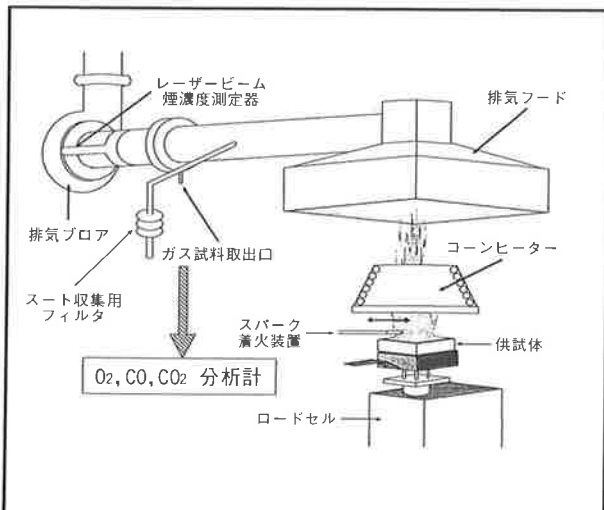


図3 コーンカロリー計概要

表1 試験体一覧

試験体	種類	厚さ
No.1	シリコン系	2液成分形 6mm
No.2	変成シリコン系	2液成分形 6mm
No.3	変成シリコン系	1液成分形 6mm
No.4	シリコン系	2液成分形 6mm
No.5	変成シリコン系	2液成分形 6mm
No.6	PIB無発泡品	2液成分形 6mm
No.7	PIB 2倍発泡品	2液成分形 6mm
No.8	PIB 4倍発泡品	2液成分形 6mm
No.9	PIB 4倍発泡品	2液成分形 12mm
No.10	PIB 4倍発泡品	2液成分形 24mm

外部加熱強度：50kW/m<sup>2</sup>  
 試験体形状：100×100×厚さ（6，12，24mm）  
 試験体の裏面温度は熱電対により測定した。

### 3.3.2 結果および考察

同じ6mm厚さで比較すると4倍発泡のPIBゴムは、シリコン系及び変成シリコン系ゴムに比べて裏面温度が低く、断熱性にすぐれることがわかった。図4に示すように試験体の初期厚さが厚いほど発泡後の不燃断熱層も厚くなり裏面温度の上昇も抑制されたが、試験体自体の高が増し可燃物量が増えるため24mm厚の試験体は3時間以上燃焼し続けた。この結果よりゴムはより厚い方が断熱性も向上するが、その反面燃焼時間も長くなるため、実際に耐火被覆として用いる場合の最適初期厚さはこの4倍発泡のPIBゴムの場合12mmが最適であることがわかった。

## 3.4 燃焼性状

### 3.4.1 試験概要

コーンカロリー計により表1に示す6mm厚の各種ゴム（No.1～No.8）の燃焼時の発熱速度、煙による減光係数、CO濃度を測定した。発熱速度は燃え易さの度合いを時間変化とともに測定するもので、個々の材料固有のものである。また、煙による減光係数もその発生量が逐次測定されるため、避難安全性を考える上での参考値になり、CO濃度も材料が燃える際に放出されるガスの有毒性を評価することが可能である。

### 3.4.2 結果および考察

図5に燃焼の経過時間に対する発熱速度を示す。最大発熱速度はPIBゴム無発泡品、2倍発泡品および変成シリコン系ゴムが全体に高くPIBゴム4倍発泡品やシリコン系ゴムは低い。燃焼開始後の急激なゴム自体の温度上昇も比較的少なく、それ故に裏面温度の上昇も抑えられたと考えられる。

図6，7に煙による減光係数（発煙量）とCO濃



写真1 PIBゴム発泡後の様子

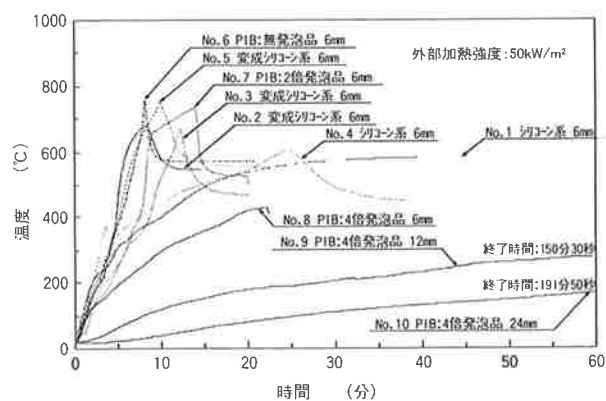


図4 裏面温度 vs. 時間

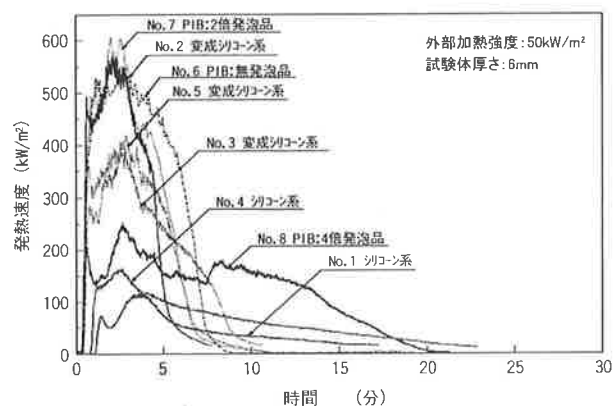


図5 発熱速度 vs. 時間

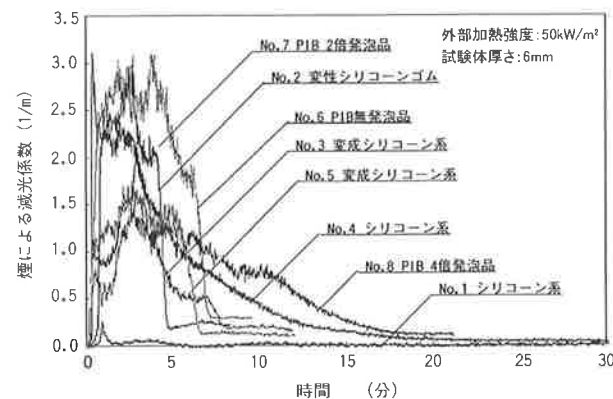


図6 煙による減光係数 vs. 時間

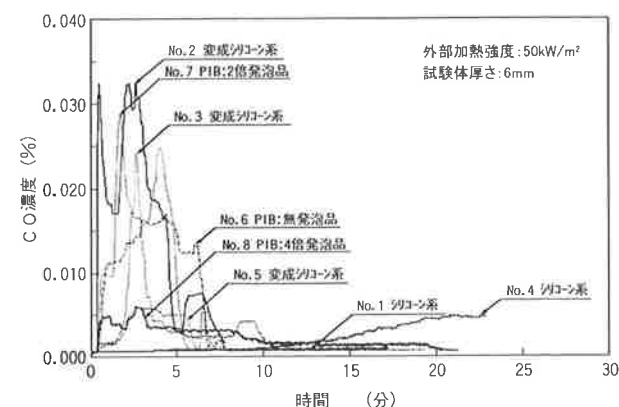


図7 CO濃度 vs. 時間



度の経時変化を示すが、これらの結果も同様に、PIB ゴム 4 倍発泡品は燃焼に伴い煙を発生するが一時的に多量に発生することはなかった。また、C O濃度もシリコン系ゴムと同程度でその発生量は非常に少なくガス有毒性も低いことがわかった。

## 4. 耐火被覆システムの耐火性能

### 4.1 加熱試験

#### 4.1.1 試験概要

図 8, 9 に示す試験体について、JIS A 1304 (建築構造部分の耐火試験方法) (図10) に規定された標準加熱温度に沿って 2 時間の非荷加熱を行い、加熱中および加熱後の試験体各部温度測定並びに試験体の状況を観察した。

試験に用いた積層ゴムは、直径600mmの天然ゴム系積層ゴムで加熱試験前に水平特性試験を行い、試験後に同様の試験を行って、加熱試験による積層ゴムの特性変化を調査した。

#### 4.1.2 試験結果及び考察

試験時の状況は、加熱試験開始後、数分で僅かに

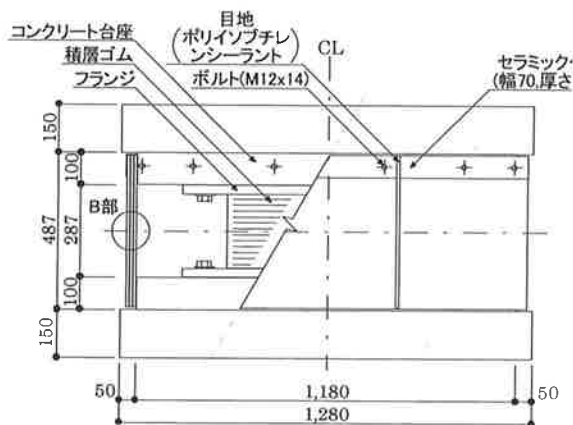


図 8 耐火用試験体概略図

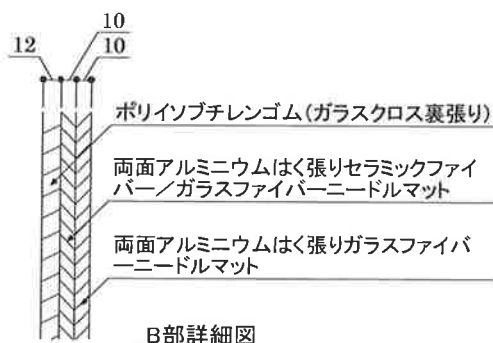


図 9 耐火被覆詳細図

煙が発生し、その煙に着火後は、加熱終了まで煙の発生は認められなかった。13分後に、PIBゴムの発泡が認められた。加熱試験終了後の被覆材は、白い不燃断熱層となっており、自立強度は有しているが脆弱で変形性能はなかった。

図11および表 2 に加熱試験における各部の最高温度と到達時間を示す。この結果、積層ゴム表面の最高温度は84℃であった。積層ゴムは製造時に約150℃で加硫されることから、150℃以下の温度履歴では、積層ゴムの変質はないものと考えられ、この耐火被覆システムは、2時間の耐火性能を有している

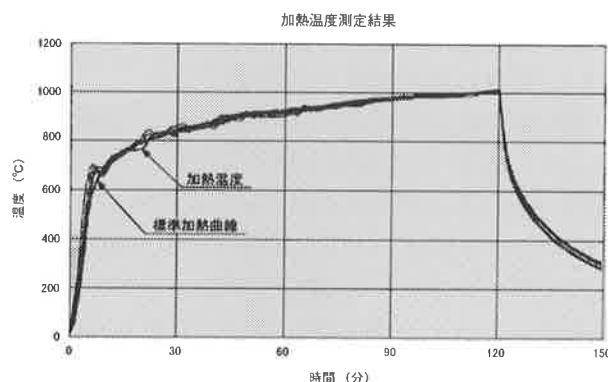


図10 耐火試験時の炉内温度

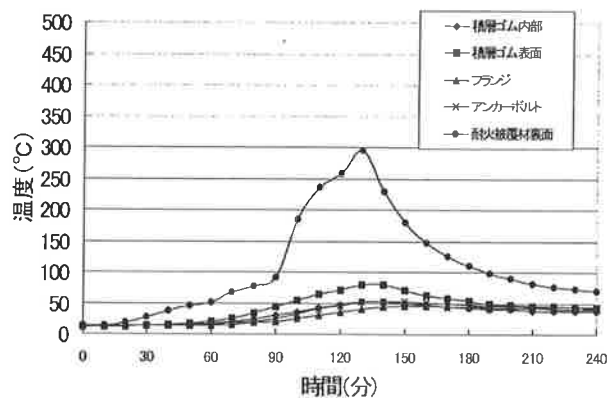


図11 耐火被覆の熱履歴

表 2 各部の最高温度

測定位置	最高温度 (°C)	到達時間 (分)
積層ゴム内部 (深さ 7 mm)	53	133
積層ゴム表面	84	129
フランジ	45	141
アンカーボルト	54	141
中空部	108	127
耐火被覆材裏面	295	130

と考えられる。

## 4.2 耐火試験前後における積層ゴムの履歴特性

### 4.2.1 試験概要

積層ゴム用耐火被覆システムにおける耐火性能の評価法は、加熱試験前後における積層ゴムの履歴特性から加熱試験によって受けた積層ゴムの熱劣化を評価するのが適切であると考えられる。

積層ゴムの圧縮せん断試験を加熱試験前後に行つて、熱的影響の有無について確認を行った。試験は、鉛直荷重2000tfが載荷できる二軸試験機を用いて、面圧80kgf/cm<sup>2</sup>で、±50%から±250%のせん断歪みを、振動数0.005Hzのランプ波を与えて行った。

### 4.2.2 結果および考察

図12に2時間加熱試験前後の積層ゴムの履歴特性を示す。表3にこの特性試験から積層ゴムの50～250%におけるせん断弾性係数を求めた結果を示す。

これらの結果から、せん断歪みが50～250%において加熱試験前後のせん断弾性係数の差が5%以内にあることから、加熱試験によって積層ゴムの特性に影響を及ぼしたとはいえず、耐火被覆材が2時間の耐火性を十分に保持したと考えられる。

加熱試験前後の積層ゴムの履歴特性に関する管理値は、定期的に点検される積層ゴムの20年以降のせん断弾性係数差の管理値が、20%以下であることを考慮すれば、これを目安とすべきと考える。

## 5. 耐火被覆システムの変形追従性能

積層ゴムに、加熱発泡ゴムによる耐火被覆システムを取り付け施工し、水平載荷試験を行つて、変形追従性能の確認を行った。

試験は、積層ゴムの履歴特性試験と同様に、鉛直荷重2000tfが載荷できる二軸試験機を用いて、面圧80Kgf/cm<sup>2</sup>で、±50%から±250%のせん断歪みを、振動数0.005Hzのランプ波を与えて行った。水平変位が250%に達したときの耐火被覆システムの状況を写真2に、0%に戻ったときの状況を写真3に示した。この結果、加熱発泡ゴムによる耐火被覆システムは、±250%の大変形に対しても、異常な変形を生じることなく追従し、また積層ゴムの変形を阻害することもないことがわかった。

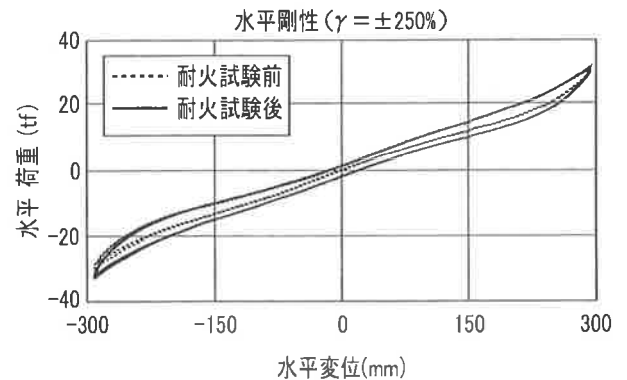


図12 積層ゴムの剪断変形試験

表3 耐火試験前後における積層ゴムの水平特性比

せん断歪	せん断弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )		
	耐火試験前	耐火試験後	後/前
50%	4.33	4.54	1.048
100%	4.03	4.15	1.030
150%	3.91	3.93	1.005
200%	3.93	3.93	1.000
250%	4.06	4.22	1.039

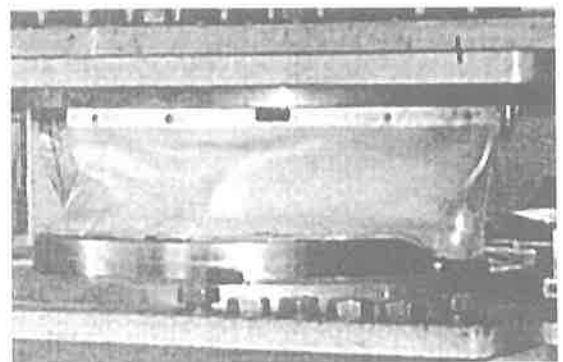


写真2 変形追従試験 (水平変位: +250%)



写真3 変形追従試験 (水平変位: 0%)

## 6. 実物件への適用

実物件への適用に際しては㈸日本建築センターの法38条防災個別評定を受けて適用された。

本耐火被覆は3層の構造になっているが、これらは全て上部フランジにボルトで吊り下げる施工方式をとっている。そのため、予め開けられた耐火被覆材の穴にボルトを挿していくだけで容易に施工ができる。

写真4、5は実際に中間階にある駐車場の免震装置に本耐火被覆を取り付けた様子である。

レトロフィットのような既存建物の耐震改修において居住階を免震層階としたい場合、本耐火被覆は取付けも容易で工期も短く適用が可能である。



写真4 耐火被覆外観



写真5 耐火被覆取り付け事例

## 7. 今後の課題

最近免震積層ゴムの高性能化によって超高層の免震建物が実現している。このような高層建物にも対応し得る3時間耐火性能を持つ耐火被覆システムの開発を目指す。

## 謝 辞

本研究は鐘淵化学工業(株)、横浜ゴム(株)との共同研究により実施されたものであり、多大なるご協力を頂いた皆様にここに記して謝意を表します。

### 参 考 文 献

- ・伊澤清治、他、「免震積層ゴム用多段スライド式耐火被覆の開発」、日本建築学会技術報告集第7号、1992年2月
- ・高橋晃一郎、他、「免震積層ゴム用耐火被覆システムに関する研究(その1加熱発泡ゴムの有効性の検証)」、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999年9月
- ・堀長生、他、「免震積層ゴム用耐火被覆システムに関する研究(その2加熱発泡ゴムによる耐火被覆システムの性能)」、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999年9月

# 積層ゴムに引張力が作用する 免震建物の地震時挙動

清水建設(株)設計本部 菊地 優



## 1. はじめに

積層ゴムの引張特性については未だ研究途上にあり、積層ゴムに引張力が生じることが懸念される高層あるいは板状の上部構造を有する免震建物の地震時挙動を把握するのに必要な知見は十分に得られていない状況にある。本稿では、積層ゴムの引張特性の把握が免震構造の適用範囲の拡大に不可欠な知見であるとして、一昨年より当社で進めてきた積層ゴムの引張特性ならびに積層ゴムに引張力が作用する免震建物の地震時挙動に関する一連の検討結果<sup>1, 2)</sup>の概要について紹介する。

検討は、図-1に示すように積層ゴムの加力試験から免震建物の地震応答解析に至るフローで進めた。以下では、このフローの順を追って各ステップで得られた知見の一部について記述する。

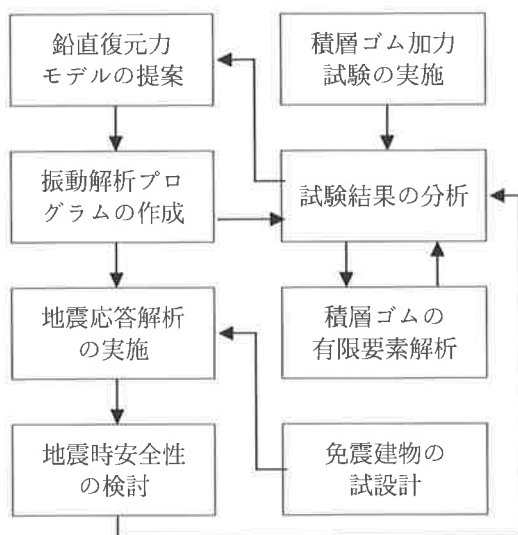


図-1 検討のフロー

## 2. 積層ゴムの動的載荷試験

### (1) 試験概要

初めに、縮小試験体を用いて実施した積層ゴムの引張試験結果について紹介する。検討のポイントは以下の2点である。

- ①引張力作用下での水平復元力特性
- ②オフセット変形時の鉛直復元力特性

試験計画を立案するにあたり、積層ゴムの鉛直方向復元力特性には、積層体のみならずフランジプレートや連結鋼板などのフランジ構造の影響が無視できないと考えた。そこで、図-2に示すように積層体を共通とし、フランジ構造の異なる2種類のフランジ組立型高減衰積層ゴム試験体を製作した。積層体

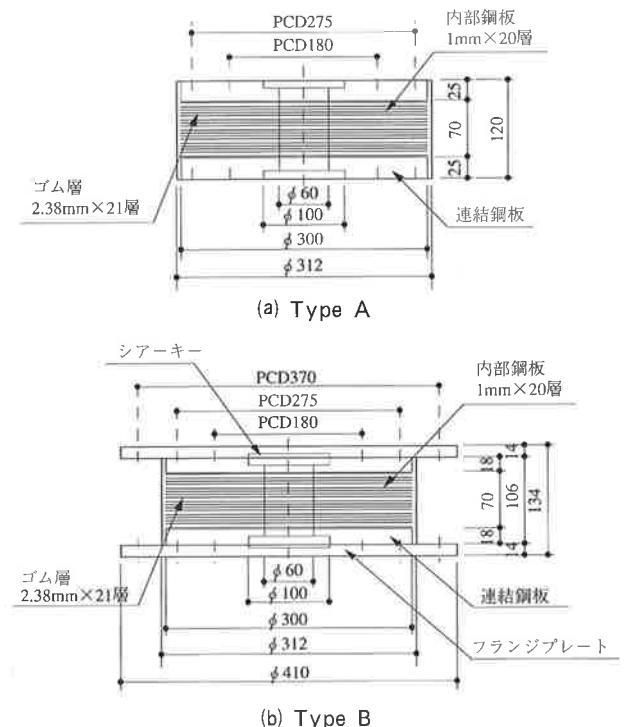


図-2 積層ゴム試験体の形状

は厚さ2.38mm×21層の高減衰ゴムシート (G=0.59 MPa) と厚さ1mm×20層の内部鋼板を加硫接着させた構造を有し、1次形状係数は25.2、2次形状係数は6である。両試験体の概要を以下に記す。

Type A: 剛なフランジ構造を想定。フランジプレートを省略して直接、試験機に取り付けた。  
 Type B: 実機に近いフランジ構造を想定。フランジプレート、連結鋼板の厚さは積層体と同程度に実機を縮小。

本試験では、圧縮・引張の一定軸力下でせん断変形を与える圧縮・引張せん断試験、および一定オフセット変形下で圧縮から引張まで軸力を連続的に変化させるオフセット圧縮・引張試験の2種類の動的载荷を行った。なお、本稿では積層ゴムの面圧および軸力について、圧縮をマイナス、引張をプラスで表示する。

(2) 圧縮・引張せん断試験

圧縮・引張せん断試験では面圧を-7.84MPa (圧縮) ~+1.96MPa (引張) の範囲で4水準設定して、一定面圧下でせん断ひずみ0~300%のせん断载荷を行った。Type Aの荷重変形関係を図-3に示す。圧縮~面圧ゼロの範囲での履歴ループ形状には変化があまり見られないが、面圧が引張側へ転ずると履歴ループは徐々に細くなる。この傾向はType Bでも同様であり、圧縮・引張せん断の試験結果に関してはフランジ構造の影響は見られなかった。このような復元力特性の変化は、図-4のように等価剛性、等価粘性減衰定数で比較するとより明確に

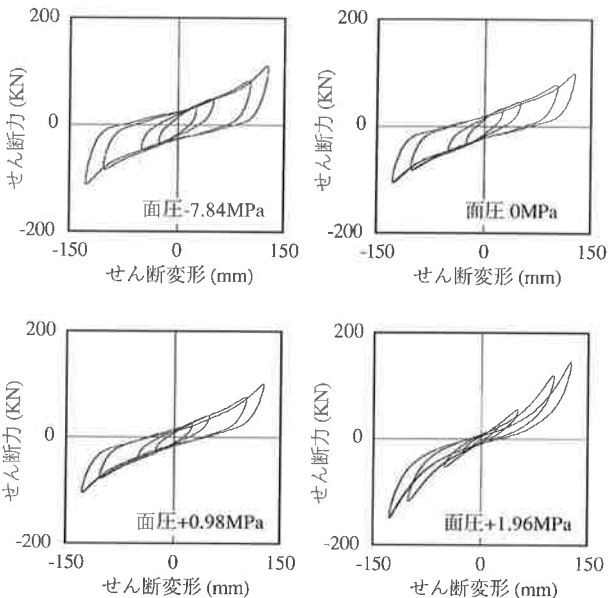


図-3 圧縮・引張せん断試験結果 (Type A)

なる。等価剛性については面圧+0.98MPaまでは変化は少ないが、面圧+1.96MPaでは剛性が增大する。等価粘性減衰定数の比較では、面圧が引張側へ変化するに応じてほぼ連続的に減少する傾向が見られる。

(3) オフセット圧縮・引張試験

オフセット圧縮・引張試験では、オフセットひずみを0~300%の範囲でType Aでは4水準、Type Bでは2水準設定して、一定オフセットひずみの下で面圧を±0.98MPa~±4.90MPaまで連続的に変化させる圧縮・引張载荷を行った。図-5に面圧振幅±2.94MPaの荷重変形関係を示す。Type Aではオフセットひずみの違いにより荷重変形関係に大きな変化が見られるが、Type Bではオフセットひずみによる変化は少ない。同一オフセットひずみでT

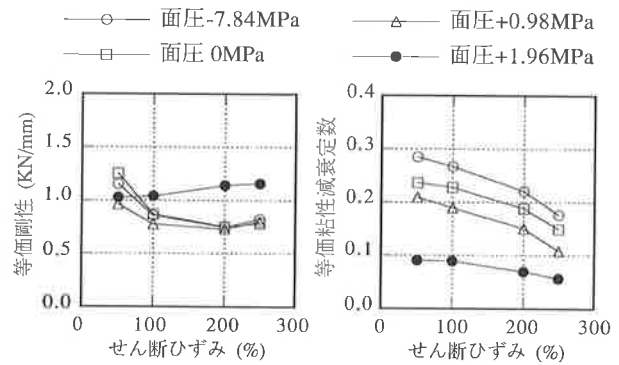


図-4 圧縮・引張せん断試験結果より得られた復元力特性の比較 (Type A)

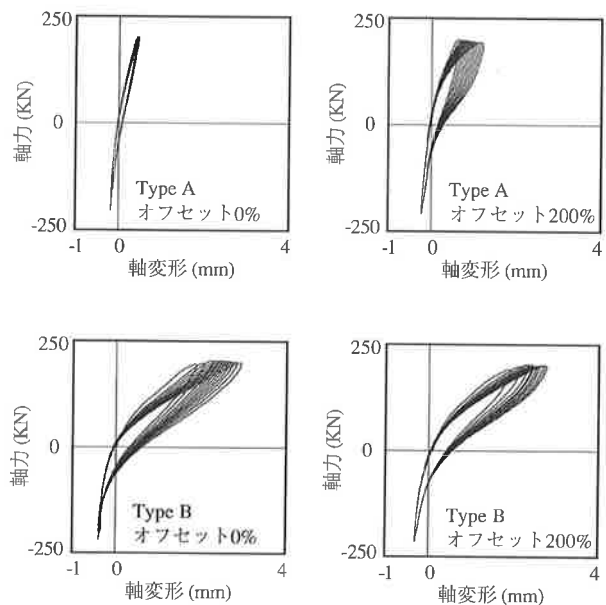


図-5 オフセット圧縮・引張試験結果 (面圧±2.94MPa)

ype AとType Bを比較すると、Type Bでは引張領域においてType Aよりかなり大きな剛性低下が生じている。両試験体の違いはフランジ構造のみであり、フランジ構造が引張領域での鉛直復元力特性に大きな影響を及ぼすことがわかる。

(4) 有限要素解析

フランジ構造が積層ゴムの鉛直復元力特性に及ぼす影響を詳細に検討するため、有限要素法によるオフセット圧縮・引張単調載荷解析を実施した。動的載荷試験で用いた積層ゴム試験体を対称性を考慮して図-6のように3次元有限要素でモデル化した。本試験体はフランジ組立型のディテールを有することから、有限要素モデルにおいても連結鋼板、フランジプレート、ボルト、シアーキー、各部材の接触面について詳細なモデル化を施した。なお、動的載荷試験を実施した積層ゴムは高減衰積層ゴムであるが、有限要素解析では $G=0.59\text{MPa}$ の天然ゴムの構成則を代用した。

図-7にオフセットひずみと鉛直初期剛性の関係について試験結果と解析結果を比較して示す。Type Aでは圧縮、引張ともに初期剛性がオフセッ

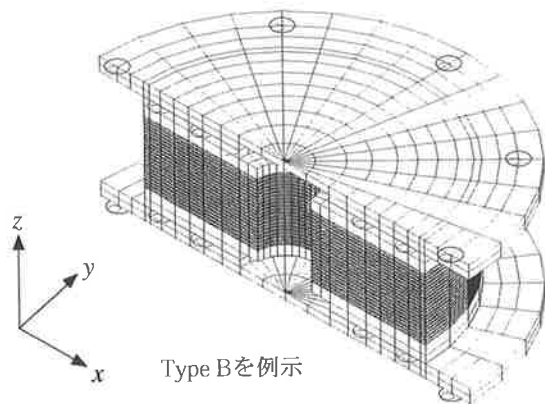


図-6 有限要素モデル

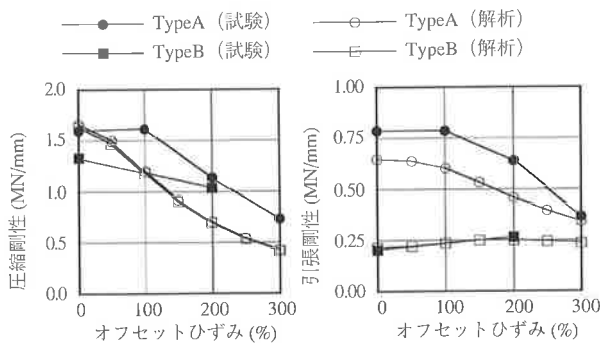


図-7 オフセットひずみと初期剛性の関係

トひずみの増大とともに低下する。一方、Type Bの引張剛性にはオフセットひずみ依存性が見られず、また剛性そのものがType Aよりかなり小さい。このような傾向は試験結果、解析結果の双方に見られる。図-8は引張力を受ける積層ゴムの連結鋼板とフランジプレートの変形状態を、変形倍率を同一として示したものである。Type Aの連結鋼板にはほとんど変形は見られないが、Type Bの連結鋼板とフランジプレートは大きく湾曲しており、両者の間には隙間も見られる。Type Bでは積層ゴム全体の鉛直剛性に対するフランジプレートの剛性の寄与が大きいことから、積層体に見られるオフセットひずみ依存性は引張剛性では緩和される傾向にあると考えられる。図-9は、引張力を受ける積層ゴムの積層体端部におけるゴム部の主ひずみ分布である。Type Aではひずみの大きな領域が外周部と中心部に存在し、ひずみ分布が比較的均一であるのに対し

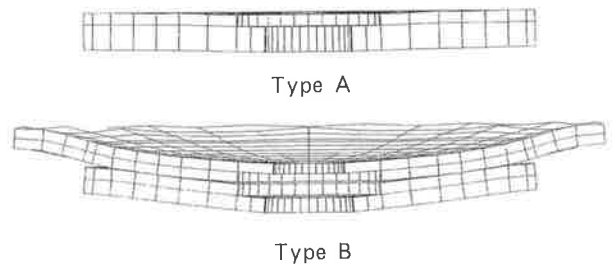


図-8 引張力を受ける積層ゴムの連結鋼板およびフランジプレートの変形状態

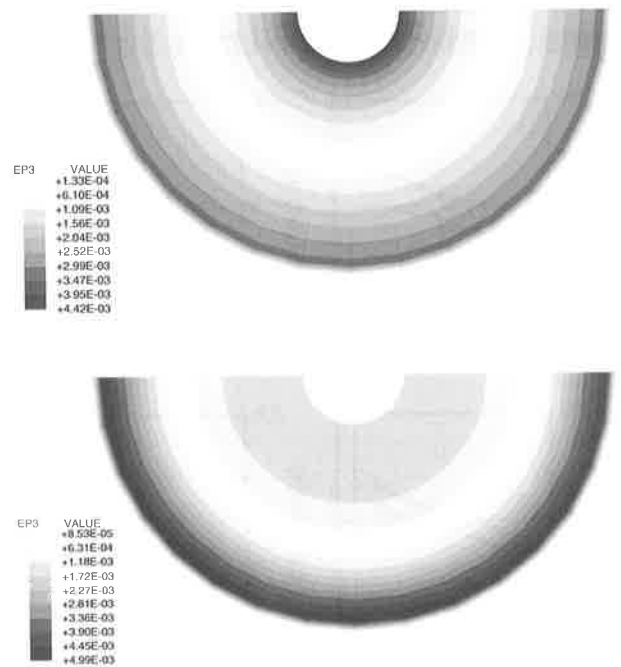


図-9 引張力を受ける積層ゴム端部のゴム部主ひずみ分布



て、Type Bではひずみの大きな領域が外周部に偏っており半径方向に対するひずみの変化も著しい。このようなひずみ分布の違いが生じたのは、フランジ構造が剛なType Aでは断面全体が比較的一様に引っ張られるのに対して、Type Bではフランジプレートの湾曲により周辺部が大きく引っ張られることが要因と考えられる。

### 3. 積層ゴムの鉛直復元力モデル

#### (1) 復元力モデルの提案

積層ゴムの動的載荷試験で得られた荷重変形関係をもとに、免震建物の地震応答解析で用いることを目的とする積層ゴムの鉛直復元力モデルを新たに提案した。積層ゴムの鉛直剛性は、水平剛性に対して2~3オーダー大きい。地震時に一部の積層ゴムに引張力が作用して他の構面へ基礎梁を介して引張力が伝達されるような状況下では、積層ゴムの鉛直復元力特性の僅かな違いが上部構造の応力状態に大きな影響を及ぼす。そこで、本検討では可能な限り精密なモデル化を試みた。復元力モデルの構築に先立ち、試験結果を分析して以下のような復元力特性の定性的傾向を把握した。

- ① 圧縮領域はほぼ線形と見なせる。
- ② 引張載荷時には、載荷直後からソフトニングが生じる。
- ③ 繰り返し引張載荷による剛性低下が見られる。
- ④ 引張除荷時には、面圧の増大に伴いスリップ性状を示す。
- ⑤ 引張載荷に対しては残留変形が生じ、その変形量は剛性低下とともに大きくなる。

入力データは載荷試験より得られることを前提に

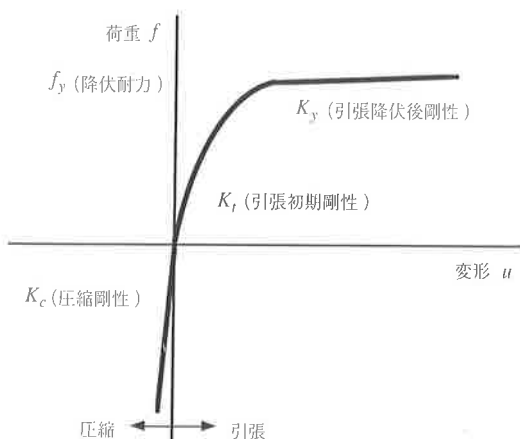


図-10 鉛直復元力モデルの入力データ

以下の4つの物性値とした(図-10参照)。

- $K_c$ : 圧縮剛性
- $K_t$ : 引張初期剛性
- $K_y$ : 引張降伏後剛性
- $f_y$ : 引張降伏荷重

さらに、動的載荷試験結果を詳細に分析することにより、図-11のような履歴則を構築した。この履歴則は以下の3ケースで構成される。

- ① 圧縮載荷・圧縮除荷
- ② 引張載荷
- ③ 引張除荷

前述の定性的傾向を表現するために、載荷直後から非線形となる引張領域の荷重変形関係には曲線から

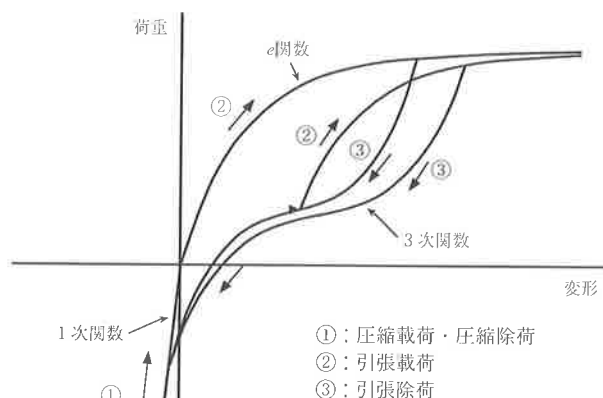
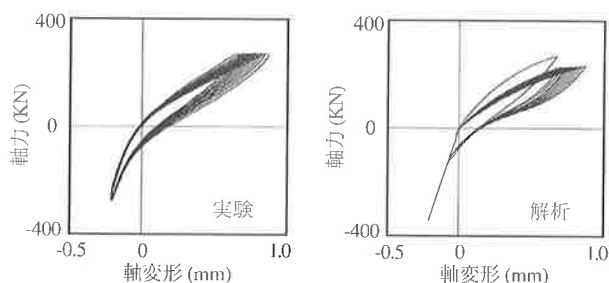
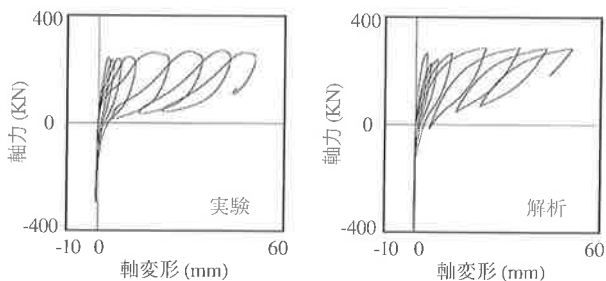


図-11 鉛直復元力モデルの履歴則



(a) Type A、オフセットひずみ0%、面圧±3.92MPa



(b) Type B、オフセットひずみ0%、面圧±3.92MPa

図-12 動的載荷試験のシミュレーション解析

適用するものとし、履歴則の①には1次関数、②にはe関数、③には3次関数を適用した。各ケースの荷重変形関係に関する数学的表現と定式化の詳細については文献<sup>2)</sup>に譲る。

(2) 動的載荷試験のシミュレーション解析

提案した復元力モデルの妥当性を検討するために動的載荷試験のシミュレーション解析を行った。ここでは、Type A, Bともにオフセットひずみ0%、面圧振幅±3.92MPaの載荷ケースを解析対象とした。試験で得られた変位波形を用いて、各変位履歴に対応する荷重を復元力モデルより算出して描いた荷重変形関係を試験結果と比較して図-12に示す。両者を比較すると、動的載荷試験で見られた引張載荷直後のソフトニング、繰り返し引張載荷による剛性低下と残留変形の増大などの特徴が良好に再現されていることがわかる。

4. 地震応答解析

(1) 検討方針と建物概要

地震時に積層ゴムに引張力が作用するような免震建物の挙動について検討するために、新たに提案した積層ゴムの鉛直復元力モデルを当社開発の3次元非線形振動解析システム(DAC3N)に組み込んだ。本システムには既に高減衰積層ゴムや鉛プラグ入り積層ゴムの精密な水平復元力モデルが用意されてお

り<sup>3)</sup>、今回の鉛直復元力モデルの組み込みによってさらに詳細な免震建物の地震時挙動の追跡が可能となった。性能明示型の設計体系では、免震性能を精度良く評価することが前提となる。性能を適切に評価できなければ性能設計は成立しないとも言えよう。

本検討では、積層ゴムに引張力が作用しやすい形状の建物を考えて、18階建てのRC造板状集合住宅を試設計した。梁間方向のアスペクト比(高さ/幅)を4と5の2種類設定し、建物を高さを一定(54m)として、梁間方向のスパン長を13.5mあるいは10.8mと変化させた。図-13に建物平面を示す。戸境壁はすべて厚さ20cmのRC造耐震壁とした。

免震装置には動的載荷試験を実施した積層ゴムと同種の高減衰積層ゴムを用い、平均面圧が9.81MPaとなるように1000φ~1300φの範囲でサイズを決定した。ゴム総厚は20cmとし、ゴムの経年変化によるせん断剛性の変動を考慮して、設計値に対して0,+20,+40%の剛性変化、さらに通常のボルト固定方式に加えて引張力が作用しないディテールを有する固定方式の2種類の固定方式を検討項目とした。

(2) 解析モデル

上部構造は、積層ゴムに引張力が作用した場合に軸力が直交梁を介して隣接する積層ゴムへ伝達される効果を表現するために図-14のような立体フレームモデルとした。柱・梁は、剛域、曲げ、せん断変形を考慮したはり要素に、壁は壁谷沢モデルに、床スラブは面内剛性を考慮したフレーム付きブレース

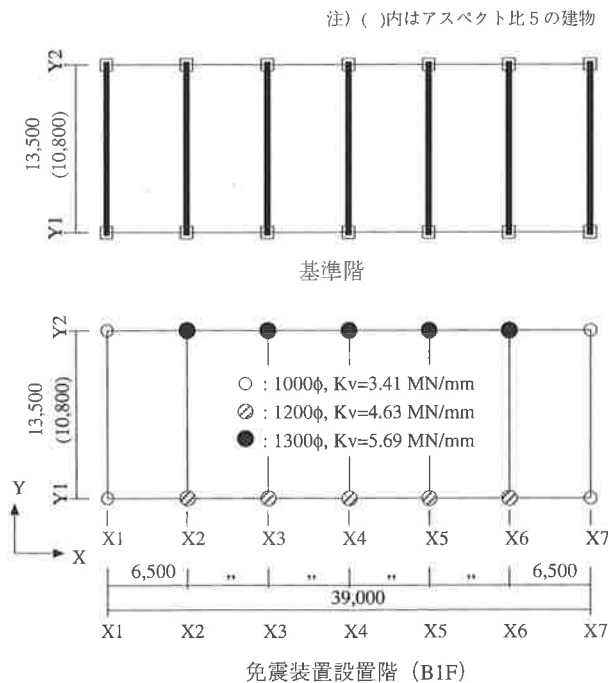


図-13 検討に用いた建物の平面形状

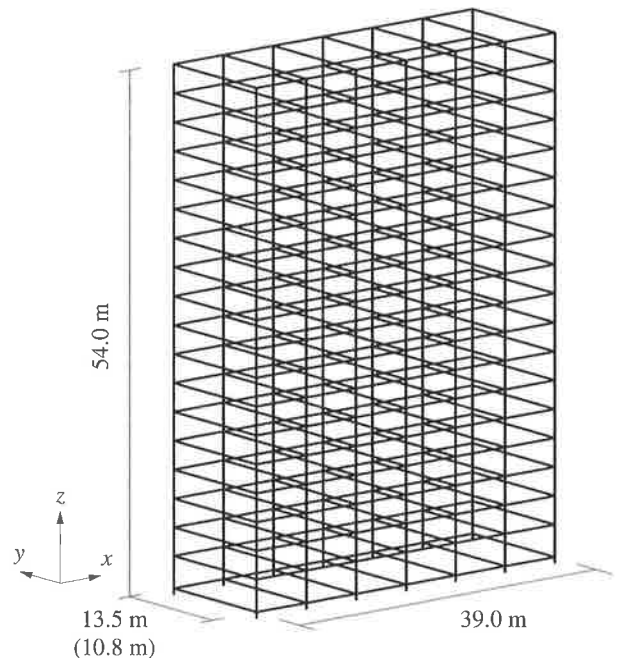


図-14 3次元フレームモデル

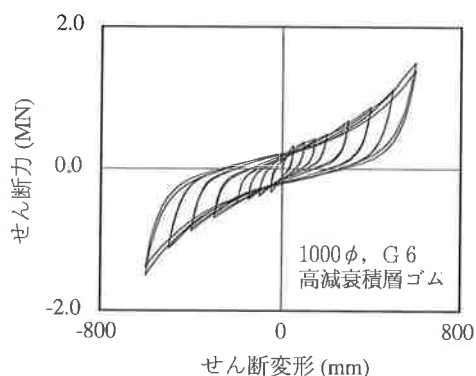


図-15 積層ゴムの水平復元力モデル

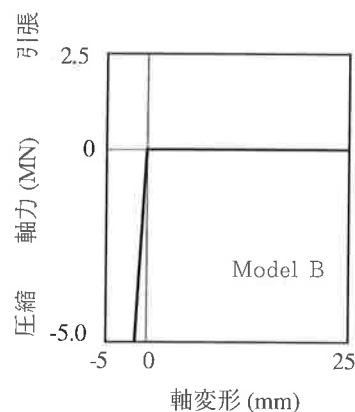
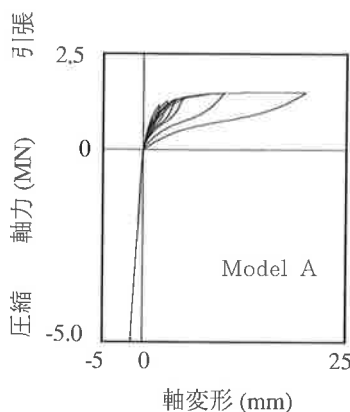


図-16 積層ゴムの鉛直復元力モデル

表-1 固有値解析結果\*

		(sec)	
アスペクト比		4	5
X方向	1次	3.86	3.61
	2次	0.72	0.68
Y方向	1次	3.73	3.51
	2次	0.49	0.57
Z方向	1次	0.15	0.12

\*) 積層ゴムのせん断ひずみ100%時の等価剛性を用いて算出

表-2 引張力が発生した積層ゴムの台数

アスペクト比		4			5		
積層ゴムのせん断剛性変動		0%	20%	40%	0%	20%	40%
入力地震動の成分		水 平			水 平+ 上 下		
入力地震動の種類	El Centro 50cm/sec	0	0	0	0	0	0
	El Centro 75cm/sec	0	0	0	0	4	4
	El Centro 100cm/sec	0	0	2	9	9	14
	建築センター波	0	0	0	0	0	0
	建築センター波×1.5	0	0	0	2	0	4
	建築センター波×2.0	2	2	2	11	14	14

モデルに置換し、いずれの部材も弾性とした。減衰は基礎固定時の1次固有周期に対して2%の剛性比例型減衰とした。

免震装置の水平方向には履歴依存性や大変形時のハードニングなどの高減衰積層ゴムの挙動を適切に表現できる復元力モデルとして図-15のような復元力モデル<sup>4)</sup>を適用し、これをMSSモデル<sup>5)</sup>によって2方向へ展開した。免震装置の鉛直方向には図-16のようにボルト固定方式に対応するものとして先に提案した復元力モデル (Model A) を、また積層ゴムに引張力が作用しないディテールに対応するものとして2折れ線モデル (Model B) の2種類の復元力モデルを適用した。Model Aにおいて、引張初期剛性は圧縮剛性の1/3、降伏荷重は面圧換算で1.96MPa、引張降伏後剛性は初期剛性の1/1000を仮定した。

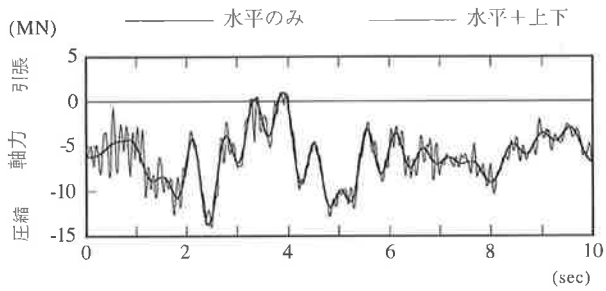
免震装置下部には、上部構造を剛体とした場合の鉛直方向の固有周期が0.1秒、減衰定数が20%となる地盤ばねを取り付けた。表-1に固有値解析結果を示す。

### (3) 入力地震動

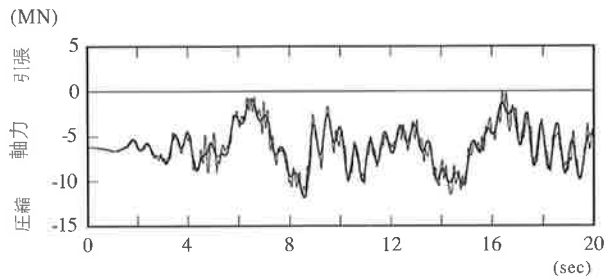
入力地震動には、El Centro (NS, UD成分) と建築センター波L2<sup>6)</sup> (水平、上下成分) を用いた。El Centro波はNS成分の最大速度振幅で基準化して、建築センター波は原波を直接拡幅して用いた。解析時間はEl Centroで20秒、建築センター波で80秒とした。積層ゴムの鉛直復元力特性は圧縮～引張間で急激な剛性変化が生じることから、非線形解析の数値安定性を考慮して0.002秒の解析時間刻みで応答解析を行った。

### (4) 地震応答解析

初めに、アスペクト比が積層ゴムの引張力発生に及ぼす影響について検討した。積層ゴムはボルト固定方式 (Model A) とし、水平成分のみを建物のY方向 (短辺方向) に入力した。各解析ケースにおいて引張力が発生した積層ゴムの台数を表-2に示す。表よりアスペクト比4の場合には、ほとんどの積層ゴムには引張力が発生していないことがわかる。アスペクト比5では、積層ゴムのせん断剛性変動が+40%となる場合に引張力の発生が顕著となった。特に、El Centro 100cm/sec、および建築センター波×2.0では、大半の積層ゴムで引張力が発生した。



(a) El Centro 100cm/sec 入力



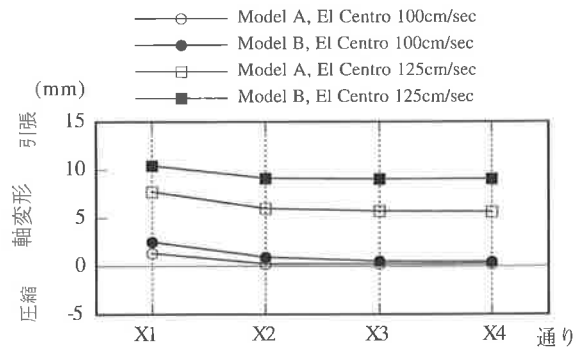
(b) 建築センター波×1.5入力

図-17 積層ゴムの変動軸力波形

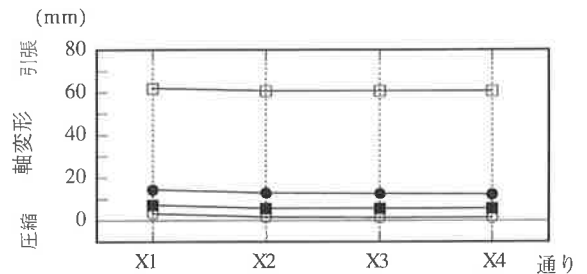
以上の結果より、後続の検討はアスペクト比5の場合について行った。

続いて、上下動が積層ゴムの引張力発生の有無に及ぼす影響について検討した。アスペクト比5の建物について、水平上下成分を同時入力した応答解析において引張力が発生した積層ゴムの台数を表-2に示す。上下動を入力した方が、引張力が発生する積層ゴムの台数は若干増加する。図-17にコーナー部(X1-Y1)の積層ゴムの変動軸力波形を示す。El Centroを入力した場合には解析開始後約1.5秒までに上下動による軸力変動が顕著に見られるが、それ以降は水平動による軸力変動が支配的となる。建築センター波を入力した場合には、終始水平動による軸力変動が支配的であり、水平動による軸力変動の中に上下動による短周期の軸力変動成分が重なっている。総じて、本検討で用いたようなスレンダーな形状の建物では、積層ゴムの変動軸力は水平動による転倒モーメントから生じる変動軸力が支配的となり、上下動による積層ゴムの引張力発生の影響は少ないと言える。

最後に、積層ゴムの鉛直復元力特性の違いが建物全体の応答特性に及ぼす影響について検討した。図-18にY1通りX1~X4の積層ゴムの最大引張方向変形分布を示す。浮き上がり量が小さい範囲では鉛直復元力モデルによる変形の差は小さいが、積層ゴムのせん断剛性の増加、あるいは入力地震動レベルの増

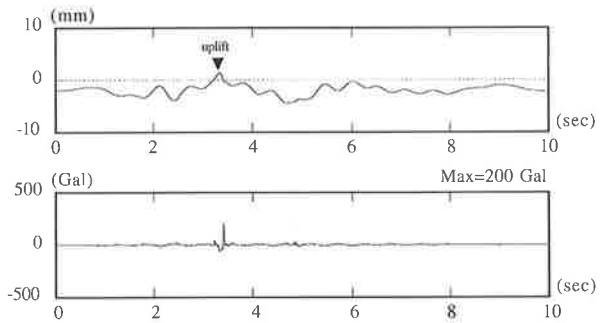


(a) 積層ゴムのせん断剛性変動0%

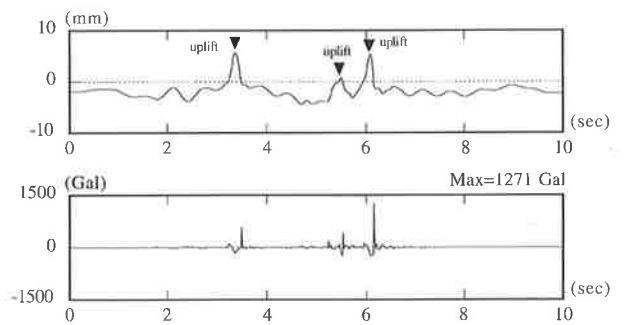


(b) 積層ゴムのせん断剛性変動+40%

図-18 積層ゴムの最大引張方向変形分布



(a) Model A



(b) Model B

図-19 積層ゴムの軸変形・上下応答加速度波形 (積層ゴムのせん断剛性変動+40%、El Centro 100cm/sec入力)

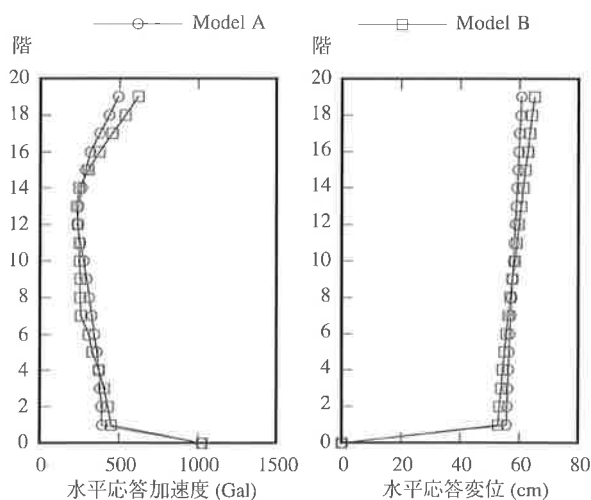


図-20 最大応答値分布（積層ゴムのせん断剛性変動+40%、El Centro 100cm/sec入力）

大とともに浮き上がり量は増大し、モデルの違いによる変形の差も大きくなる。しかし、ボルト固定方式に対応したModel AのEl Centro 125cm/sec入力では、浮き上がり量は約1cmであり、ゴムの鉛直ひずみに換算して高々5%であることから、このような過大な地震入力に対しても積層ゴムは破断に至ることはないと考えられる。図-19に積層ゴムの応答軸変形と積層ゴム上部の節点における上下方向応答加速度波形を示す。応答軸変位波形では引張方向がプラスである。解析開始後10秒間にModel Aでは1回、Model Bでは3回浮き上がりが生じており（図中のupliftと表示）、それと対応して浮き上がり後にはスパイク上の加速度波形が生じている。この傾向はModel Bで顕著であり、3回目の浮き上がりでは1Gを越える応答加速度となっている。Model AとModel Bとの違いは引張剛性にある。Model Bでは引張剛性をゼロとしたことにより、浮き上がると変形が急激に増大し、続いて引張から圧縮に転ずる際の急激な剛性変化から衝撃的な加速度が生じたと考えられる。同様の現象はダボピン方式の積層ゴムを用いた振動台実験でも再現されている<sup>7)</sup>。図-20に示す水平方向の最大応答値分布を見ると、積層ゴムの鉛直復元力特性の違いにより建物頂部付近で応答値に差が見られ、Model Bの方が10~20%程度大きな値を示す。Model Bの解析で見られた上下方向の衝撃的加速度により上部構造が損傷に至るとは考えにくい、敢えて特別なディテールを施さなくても1.96MPa程度の引張面圧では、通常のボルト固定方式でも引張時のフランジプレー

トの湾曲に依存した緩やかな剛性低下によって対処が可能であると思われる。

## 5. まとめ

本稿では、積層ゴムに引張力が生じる免震建物の地震時挙動を把握することを目的として、積層ゴムの引張試験→有限要素解析→復元力モデルの提案→地震応答解析という手順により、各種の検討を行った。一連の検討で得られた知見の全てをここで記述することは紙面の都合上不可能である。また、検討対象とした積層ゴム、および地震応答解析に用いた建物はいずれも2種類に過ぎず、本稿のタイトルについて一般的な結論を得るには至っていない。しかしながら、本検討を通して得られた強力な解析ツール、すなわち積層ゴムの水平、鉛直の精密な復元力モデルが組み込まれた3次元非線形振動解析システムが構築された意義は大きい。この解析ツールを用いることで多種多様な形態を有する免震建物の地震時挙動を詳細に追跡し、積層ゴムに引張力が作用することが懸念される免震建物についての地震時安全性の検討が高い信頼性をもって可能となる。

## 謝 辞

本稿で述べた各種の検討を進めるにあたり、横浜ゴム(株)の山田親文氏、河島庸一氏、坂口達氏、清水建設(株)の北村佳久氏、林章二氏、田村和夫氏に多大のご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 菊地 優, 田村和夫, 北村佳久: 積層ゴムに引張力が生じる免震建物の地震応答解析, 第10回日本地震工学シンポジウム, 235-240, 1998年12月
- 2) 菊地 優, 北村佳久, 林 章二, 河島庸一, 坂口 達, 山田親文: 引張力を受ける積層ゴムの復元力特性に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第524号, 57-64, 1999年10月
- 3) 菊地 優: 積層ゴムの復元力モデルに関する研究, 日本免震構造協会, MENSIN, No. 10, 18-21, 1995年11月
- 4) Masaru.Kikuchi, and Ian D. Aiken, "An analytical hysteresis model for elastomeric seismic isolation bearings", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 26, 215-231, 1997.

- 5) 和田 章, 広瀬景一: 2方向地震動を受ける無限均等ラーメン構造の弾塑性応答性状, 日本建築学会構造系論文集, 第399号, 37-47, 1989年5月
- 6) 建設省建築研究所・日本建築センター: 設計用入力地震動作成手法技術指針(案), 資料編, 1992年
- 7) Michael C. Griffith, James M. Kelly, and Ian D. Aiken, "Experimental Evaluation of seismic isolation of a nine-story braced steel frame subject to uplift", Report No. UCB/EERC-88/05, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1988.

# 「さいたまスーパーアリーナ — 高減衰積層ゴムの設計と施工 —」

日建設計 小堀 徹 同 原田 公明 大成建設 細澤 治 同 中川路 勇 同 水谷 太朗



## 1. 建築計画概要

さいたまスーパーアリーナは、JR大宮駅と与野駅間の旧国鉄大宮操車場跡地である「さいたま新都心」の北側エリアに建設される多目的アリーナである。本建物は、大屋根に覆われた空間の中を客席、コンコース、トイレなどを含む総重量15,000tの建築ブロックが70m水平移動することで、アリーナとスタジアムという2つの形態を1つの建物で実現した点に特徴がある。音楽イベントなどに高い性能で対応する「アリーナ」と、フィールド競技などに大空間で対応する「スタジアム」の2つの機能を合わせ持つと同時にアリーナ時には「コミュニティーアリーナ」と名付けられた県民参加型のイベント対応空間が同時に形成され、2つの空間のイベント同時開催が可能な計画となっている。(図1, 2)

### 〈建物概要〉

建物名称：さいたまスーパーアリーナ

建築主：埼玉県

所在地：埼玉県与野市大字上落合、及び大宮市錦町

主用途：多目的アリーナ

敷地面積：45,007m<sup>2</sup>

建築面積：43,730m<sup>2</sup>

延べ面積：132,310m<sup>2</sup>

階数：地下1階、地上7階、塔屋2階

最高高さ：GL+66m

構造種別

基礎：場所打ちコンクリート杭

架構：鉄骨造、一部鉄骨鉄筋コンクリート造、  
コンクリート造

外装：PC版、アルミパネル

設計：日建設計 (MAS・2000共同設計室\*)

代表：日建設計

協力：Ellerbe Becket, Flack+Kurtz Consulting Engineers

技術協力：大成建設、三菱重工業

構造技術指導：斎藤公男

照明コンサルタント：ライティングプランナーズアソシエーツ

監理：埼玉県、日建設計

施工：大成建設・三菱重工業・ユードイケー  
特定建設工事共同企業体

工期：1996年12月～2000年3月

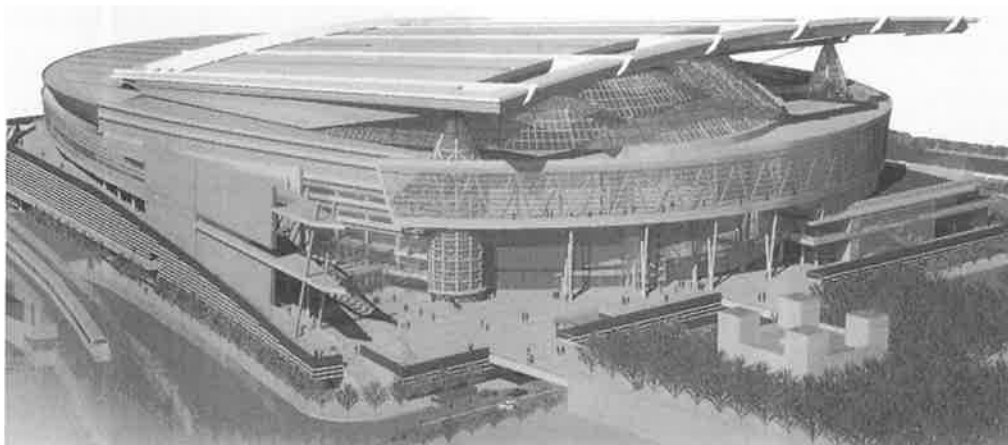
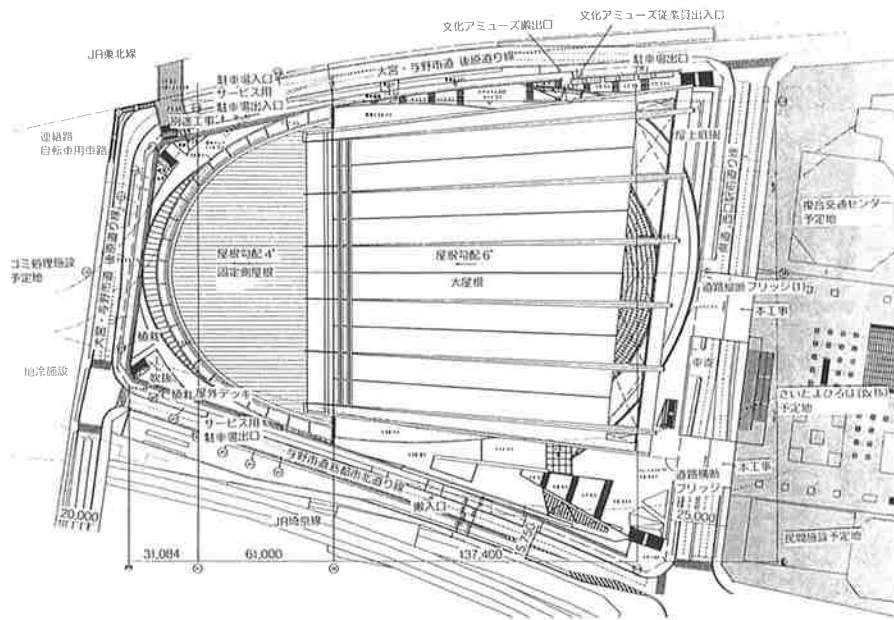


図1. 外観パース



配置図 5=1:2,500

図2. 配置図

## 2. 構造設計概要

構造躯体は半円形スタンド、サイドスタンド、文化アミューズメントと上部を覆う大屋根、さらにそれらによりできる無柱空間内を移動するムービングブロックの合計5つの部分で構成されている。

2階床以下は、SRC造（一部RC造）で建物全体を一体化しているのに対し、2階以上では、半円形スタンド、サイドスタンド間にエキスパンションジョイントを設けている。文化アミューズメントはサイドスタンドと一体としているが、それぞれ単独でも架構が成立するよう配慮している。

半円形スタンドは、鉄筋コンクリート（一部SRC造）の半円形耐力壁と鉄骨トラス屋根、サイドスタンド・文化アミューズメント・ムービングブロックは鉄骨造となっている。（図3）

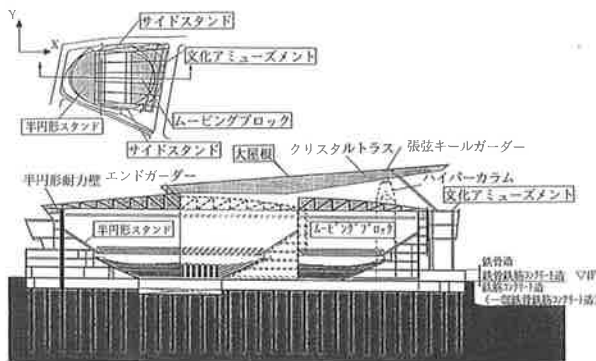


図3. 構造概要図

大屋根は鉄骨造による斜円錐曲面をしており、6本の3角形断面トラス梁（クリスタルトラス）と、それに直交する小梁で構成されている。大屋根重量は、一方を半円形スタンドで、他方を文化アミューズメントの一部である2本の組柱（ハイパーカラム）間をわたる張弦キールガーダーで支持している。（図4）

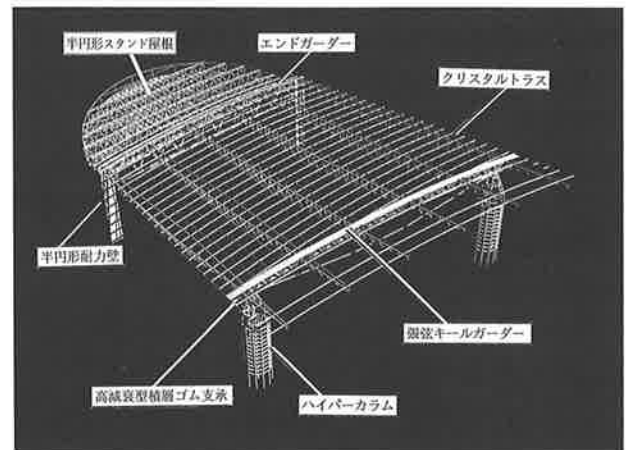


図4. 構造パース

大屋根に作用する地震時水平力に対しては、ハイパーカラム上に高減衰積層ゴムを設置することで、大半の地震力を半円形スタンドに伝達する計画としている。これによって、構造的に大屋根は半円形スタンドと一体となり、他の部分とは縁を切った形となっている。



### 3. 高減衰積層ゴムの採用計画

大屋根の張弦キールガーダーは文化アミューズメント内にあるハイパーカラムにより支持されるが、文化アミューズメントは三日月型の形状をし、また耐震要素が非常に少ないため、大屋根の地震力を負担させないように配慮する必要があった。計画当初にはハイパーカラム頂部にすべり支承を設ける計画としたが、大屋根自身の応答を減ずることを目的にダンパーとして高減衰積層ゴムを採用した。(図5)

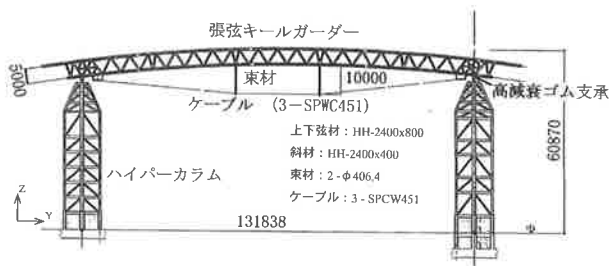


図5. 張弦キールガーダー軸組図

高減衰積層ゴムの採用により、大屋根の地震力は文化アミューズメントにはほとんど流れず、X方向地震時はクリスタルトラスの軸剛性により、Y方向地震時は大屋根のせん断剛性により、半円形スタンドの半円形耐力壁に伝達し処理される。(図6) そのため、半円形耐力壁は壁厚800~1200mmのコンクリート壁式構造による強度型設計とした。大屋根は、X方向地震時ではクリスタルトラスの軸剛性が大きく変形量も小さいのに対して、Y方向地震時では大屋根全体が半円形スタンドを端部とする片持ち板として先端部が水平に変形する性状を示す。

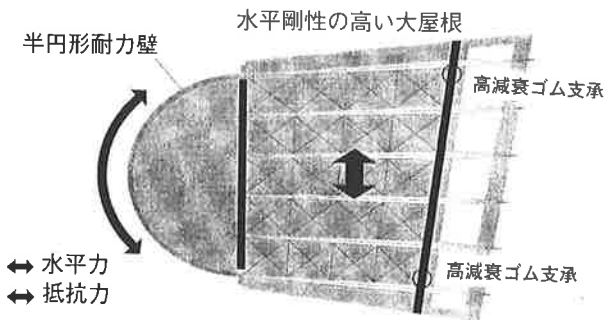


図6. 大屋根地震力の処理

1ヶ所の支承部で長期に約2000tfの鉛直荷重を支持するため、φ1600程度の直径を持つ円形形状で検討したが、計画当時は実験装置の能力が2000tf程度までしか無く、メーカーより出荷に際し製品としての保証が難しいとのことであった。そこで、張弦キール

ルガーダーの弦材の形状(HH型)に合わせ四角形状の高減衰積層ゴムを3個ずつ配置した。大屋根の主たる変形が生じる方向が一方方向(Y方向)であるため、四角形状でも問題ないと判断した。(図7)

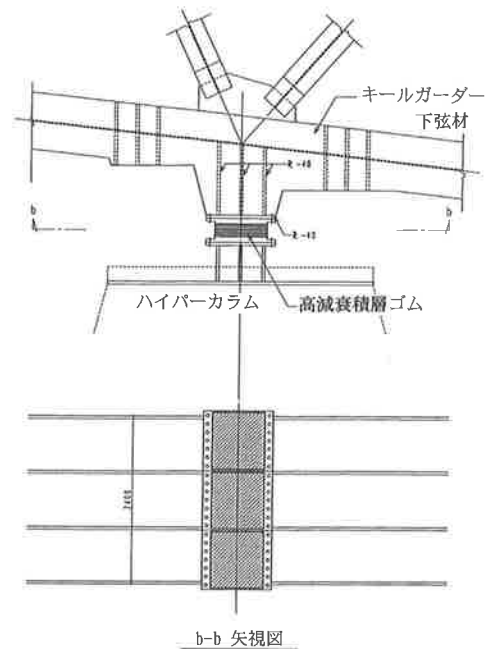


図7. 高減衰積層ゴムの配置

### 4. 高減衰積層ゴムの形状・基本性能

高減衰積層ゴムの1個あたりの形状、基本性能について以下に示す。(図8)

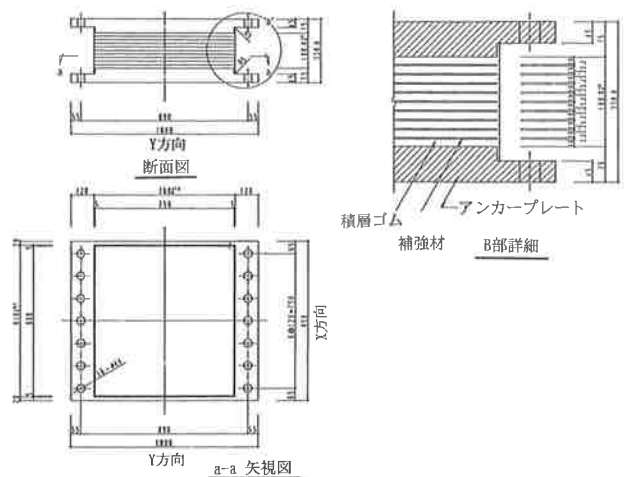


図8. 高減衰積層ゴム詳細図

- 大きさ :  $a \times b = 800 \times 750 \text{mm}$
- 積層ゴム :  $t_e = 16 \text{mm} \times 10 \text{層}$  (高減衰ゴム)
- 補強材 :  $t = 3.2 \text{mm} \times 9 \text{層}$  (SS400)
- アンカープレート :  $t = 75 \text{mm} \times$  上下2枚 (SS400)

- 圧縮ばね定数 :  $K_c = 2319 \text{ tf/cm}$
- せん断ばね定数 :  $K_s = 3078 \text{ kgf/cm}$
- 許容圧縮応力度 :  
 $\sigma = 120 \text{ kgf/cm}^2$  (長期)、 $200 \text{ kgf/cm}^2$  (短期)
- 許容せん断変形率 :  
 $\gamma_a = 70\%$  (長期)、 $150\%$  (短期)、 $250\%$  (レベル2)
- 形状係数 :  
 $S_1 = \frac{a \times b}{2(a+b) \times t_e} = 12.1, S_2 = \frac{a}{n \times t_e} = 5.0$  (Y方向)
- 固有周期 :  $T = 3.0$ 秒

### 5. 高減衰積層ゴムの効果

高減衰積層ゴムの効果を地震時弾性応答解析により確認した。解析モデルは、半円形スタンド (半円形耐力壁を含む)、大屋根を対象とした簡易モデルを採用した。大屋根はクリスタルトラスを剛性等価な線材に置換し、また屋根面全体のせん断剛性が等しくなるようにブレース材の剛性を決定した。高減衰積層ゴムは、支持荷重に対して固有周期が3秒となるせん断ばね (8.94tf/cm) で置換し、15%の等価減衰を与えた。半円形耐力壁はコンクリートのひび割れを考慮した剛性低下率を予備応答により設定した。(図9) 大屋根の固有周期はX方向0.52秒、Y方向1.48秒、Z方向1.96秒である。地震波は、標準的な波形・地域特性を表す波と長周期成分を含む波を選択し、EL-CENTRO、TAFT、HACHINOHE、ART-WAVE456 (日建設計人工地震波) を採用した。

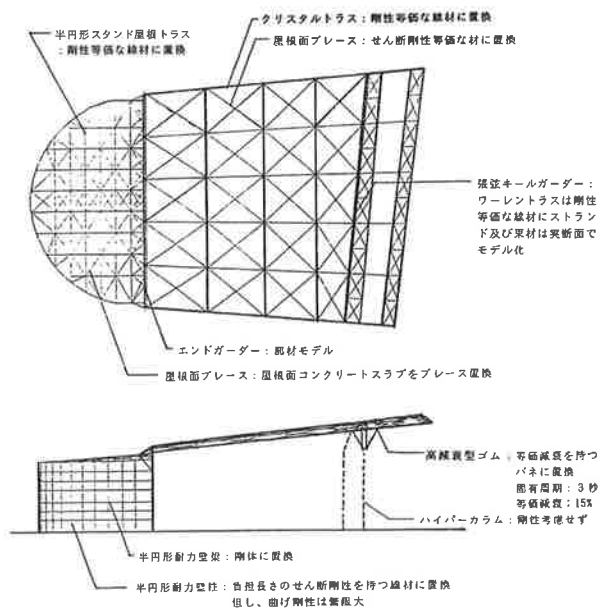


図9. 解析モデル

高減衰積層ゴムの効果を確認するため、レベル1 (200cm/s<sup>2</sup>、ART-WAVEは25cm/s) のY方向地震に対して、支承部をローラー支持とした場合と高減衰積層ゴムを設置した場合で比較を行った。(図10) グラフ内の設計用せん断力は屋根面全体に対して震度0.25と設定した値を示す。ローラー支持の場合、大屋根先端部の変形量が大きく、応答せん断力が設計せん断力より大きくなっている。これに対し、高減衰積層ゴムの設置により大屋根先端部の応答が押さえられ、屋根全体ではほぼ一定のせん断力係数となり、約20~30%の低減効果があることがわかる。

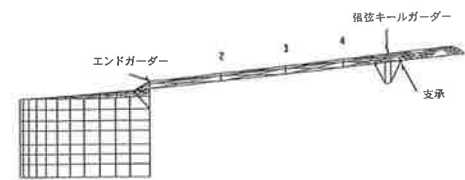
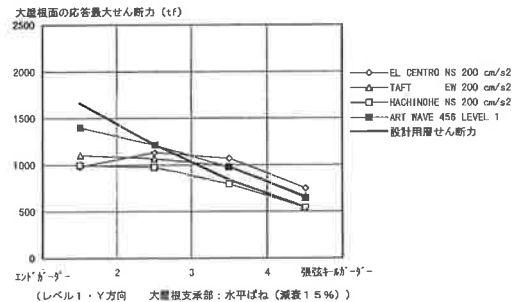
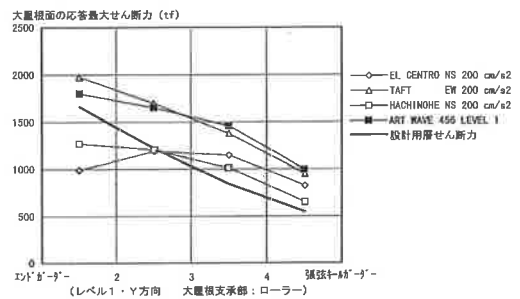


図10. 大屋根の応答最大せん断力の比較 (レベル1)

レベル2 (500cm/s<sup>2</sup>、ART-WAVEは50cm/s) における支承部の応答性状を表11に示す。高減衰積層ゴムの地震時圧縮応力度は、長期の110kgf/cm<sup>2</sup>に比べ、非常に小さい。また変形量もレベル2の許容値 (400mm) 以内であり、高減衰積層ゴムの安全性が確認できた。

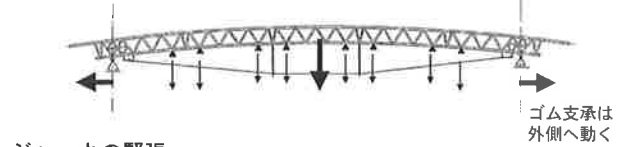
表11. 高減衰積層ゴムの応答性状（レベル2）

		変位(mm)		回転(°)		鉛直反力 (tf)	圧縮応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )
		X	Y	$\theta_x$	$\theta_y$		
長期		-	-	-	-	2000	110
X方向	EL-CENTRO	120	8	0.20	0.13	210	12
	TAFT	100	8	0.16	0.11	170	9
	HACHINOHE	78	8	0.24	0.12	205	11
	ART-WAVE456	74	8	0.16	0.11	188	10
Y方向	EL-CENTRO	73	253	0.34	0.07	105	6
	TAFT	105	348	0.62	0.10	190	11
	HACHINOHE	63	228	0.17	0.07	78	4
	ART-WAVE456	102	360	0.49	0.11	146	8
Z方向	EL-CENTRO	3	5	0.16	0.05	130	7
	TAFT	8	5	0.17	0.11	155	9
	HACHINOHE	5	8	0.23	0.07	190	11

## 6. 高減衰積層ゴムの施工上の利用

本建物の大屋根は張弦キールガーダーのケーブルへ約3000tfの張力導入を行って完成する。この時ケーブル張力が下部躯体に流れることなくキールガーダー弦材で処理されるように、キールガーダー支点部をローラー支点とする必要があった。そこで高減衰積層ゴムのせん断変形をローラー支点として利用した。ケーブル張力はジャッキの緊張によって直接導入されるだけでなく、ベントのジャッキダウンによる自然緊張によっても導入される。一方で高減衰積層ゴムがダンパーとしての性能を発揮するためには、完成時に長期許容せん断変形（±40mm）を満足する必要がある。高減衰積層ゴムは、ジャッキの緊張により内側に変形し、ベントのジャッキダウンにより外側に変形する。（図12）張力導入計画は、高減衰積層ゴムの変形量を管理値とし、許容値以内に収まるように、ジャッキ緊張とジャッキダウンのステップを計画した。なお、キールガーダーはエンドガーダーに対して約5.5°の角度があるため、ケーブル張力導入によって屋根全体を西側に傾ける力が働く。そのため、東西の高減衰積層ゴムの変形量は異なる。（図13）

ベントのジャッキダウン  
（付加張力の導入：間接導入）



ジャッキの緊張  
（ジャッキによる緊張：直接導入）

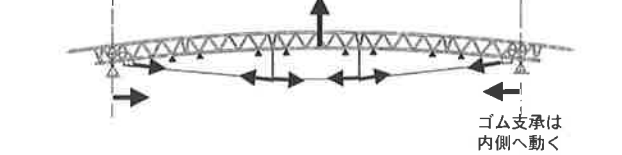


図12. 張力導入と支承部の変形

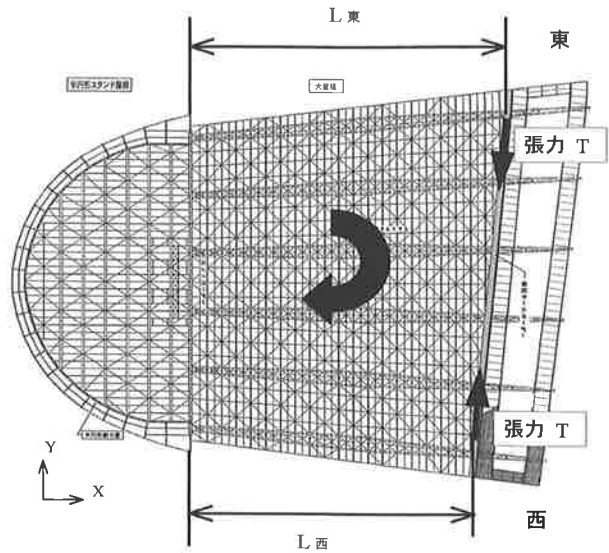


図13. 張力導入による大屋根の変形

張力導入と東西の高減衰積層ゴムの変形量について、施工時解析と実測値の比較をグラフに示す。（図14）実際の施工ステップは計画ステップを多少変更したため、解析と実測で完全には一致していないが、ほぼ予想通りの傾向が得られており、許容範囲に収まった。

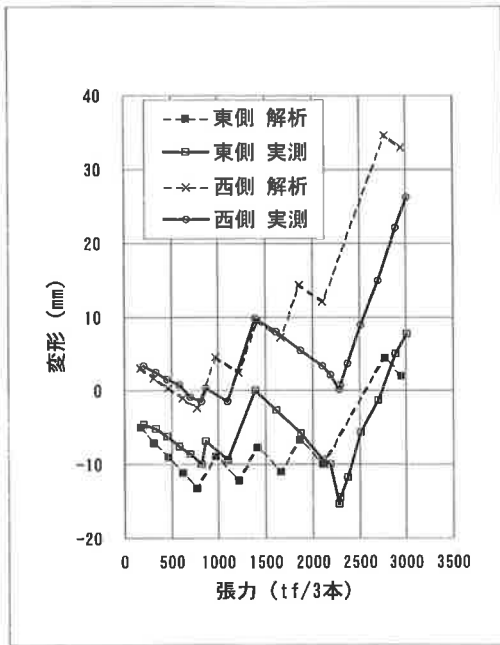


図14. 張力導入量と高減衰積層ゴムの変形量

## 7. まとめ

本建物は、大屋根の地震力低減と下部架構における力の処理を考慮し、高減衰積層ゴムの屋根支承部に採用した。地震時弾性応答解析により、その効果と性状を把握し、高減衰積層ゴムの設計を行った。また施工時には張弦キールガーダーのケーブル緊張時のローラー支点として利用し、スムーズな施工が実施された。

# 免震建物の維持管理

## 維持管理委員会

どのような建物でも維持管理は大切ですが、免震建物は特に面倒というイメージがあるようです。

確かに免震建物では免震特有の部分（免震装置部分と大きな変形など）があるので、在来建物にはない特別な点検が要求されています。

「維持管理」がセンター評定の審査項目の一つであり、設計図書には「維持管理計画書」が添付されているために、大変と感じるのだと思われます。

そこで、今回は免震建物の維持管理について紹介します。

### 維持管理はなぜ必要か

JSSIの「免震建物の維持管理基準」では、「免震建物が将来にわたり、確実に免震機能を発揮し、建物の安全性を保持するために実施するもので、当初の設計思想、設計条件が守られており、地震等の災害発生後も正常に機能を発揮できるようにする」としています。

免震建物は地震時に確実に性能を発揮しなければならないので、日頃から、建物が大きく移動することを意識して、免震層の免震装置や配管ジョイント、建物の周囲などの点検・メンテナンスが重視されます。

### 免震建物の維持管理はなぜ特別に扱われるのか

次のような免震建物特有の性質に由来しています。

・免震建物では、地面から建物が切り離されていて、免震装置で支えられており、地震時の変位が免震層に集中する。

この変位は30～50cmにもなるので、地震時に建物が動いても支障のないように、日常的に障害を取り除いておく必要がある。

・免震建物が日本に導入された当時は、積層ゴムの歴史が浅かったために、建物の寿命に相当する長期間の耐久性についてのデータが不足していた。そのために、定期的な点検によって積層ゴムの経年変化を観察し、もし不都合が生じた場合は、補修・取り替えることができるようにしている。（最近では、耐久性に関するデータも増えており、これらから推測すると建物の寿命内ではほとんど問題はないといわれている）

・建物の増築や部分変更などは、免震性能に大きな

影響を与える。

性能が劣化するだけでなく、悪さをする場合もあるので慎重に対応する必要がある。

・免震建物は、全て建設大臣特認が必要で、評定時に免震建物の特性に配慮した維持管理計画書の提出を求められている。

### 維持管理は具体的にどのような方法で進められるか

・設計時点で用意された維持管理計画書にそって定期的な点検を実施し、異常や不都合がないかを確認します。

・もし異常があれば、維持管理計画書の維持管理体制に従って関係者に伝え、対策を検討します。

### 点検する部位と管理の仕方

・どのようなところを点検するか、また、その点検方法などについては、設計時点で決められるが、標準的には表-1のようにしています。

表-1 維持管理項目と管理方法

部位	必要性能	管理項目	管理方法
・免震部材	建物を安全に支持できる	・損傷の有無 ・クリープ ・変位	・外観検査 ・鉛直変位測定 ・水平変位測定
	免震性能	・剛性 ・変形能力 ・減衰能力	・外観検査 ・別置試験体等を用いた試験
・免震層 ・建物外周部	建物の水平移動に支障がない	・クリアランス ・障害物の有無	・クリアランス量測定 ・障害物目視調査
・設備配管・配線可撓部	変形追従能力	・形状 ・損傷の有無	・目視調査 ・漏水などの調査

### どのような時期に、どのような点検をするか

標準的な点検の種別と実施の時期は、目的に合わせて次のよう分類されます。

・「竣工時点検」：建物の竣工時に、将来の点検を想定して初期値を測定しておくもので、専門技術者により各部材の形状や初期状況を記録しておく。装置メーカーと建設業者が担当することが多い。

・「通常点検」：日常的に、建物の周囲や免震部材を見まわり、異常の早期発見と危険の防止をはかるもので、年1～2回程度実施する。目視検査なので特別な専門技術者は必要なく、建物管理担当

者がマニュアル等を参考に実施できる。

- 「定期点検」：通常点検では確認しにくい機能的異常発見と、耐久性に関する性能を確認するために行うもので、計画書で指定された部位を、専門技術者が点検、計測する。実施時期は、通常、1、3、5、10年、以後10年毎としている。

この際に、免震装置の性能測定のために別置き試験体が用意されている場合は、これらを測定機関（製造メーカー等）に持ち込み計測することがある。

- 「臨時点検」：大きな地震や台風後、また火災や冠水などの災害を受けた後では、免震部分への影響が心配される。そのために、臨時の点検を行う。点検の内容は状況によって変わるが、定期点検と同等と考えられる。

また、災害時だけでなく、通常点検で異常が発見された場合も実施することがある。

#### 維持管理のための体制はどのようにしたら良いか

- JSSIの基準では図-1のように整理していますが、維持管理体制は一般的にはこのような形になります。

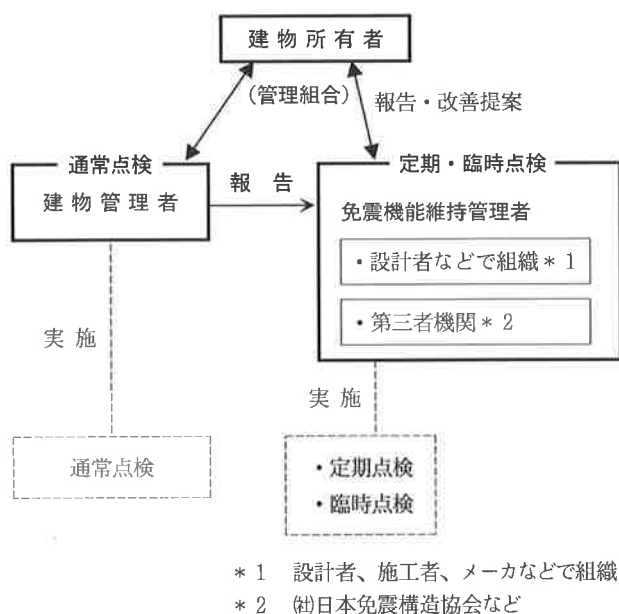


図-1 維持管理体制

- 「通常点検」では、例えば、建物の移動範囲内に、車やその他の物が置かれていると、地震時に障害物となって、壊したり建物の移動を止めるような悪さをするので、これを点検防止します。また、同じように免震層内の障害物や可燃物を除去した

り、配管の漏れ、装置類の大きな損傷などを見まわります。

目視点検なので、建物の日常の状況を良く把握している建物管理者が実施するのが望ましく、最初に要点を教育すれば、後はマニュアルを参考に実施できる点検です

- 一方、「定期点検」、「臨時点検」では、建物の位置や装置の変形量を測定したり、装置や配管継ぎ手、エキスパンション部の損傷（傷や錆・漏れ）の検査をするので、免震建物と維持管理に関して専門知識のある技術者が実施する必要があります。実際には、専門技術者を保有する点検業者が実施することになります。

- 維持管理体制で重要なのは、通常点検や専門業者による点検結果の評価と対応であり、免震建物を熟知した技術者の判断が要求されます。

そのためには設計者を中心とする免震機能維持管理組織を用意したり、専門機関にレビューを依頼することが必要になります。

JSSIは、数年前から第三者専門機関として、これらの役割を果たしています。

#### 点検検査結果の扱い

- 現状では、センター評定時には維持管理計画書の提出が義務付けられていますが、点検結果の報告は役所の要求時に提出できるようにするというだけで、特に義務付けられてはません。
- このように維持管理の実施は所有者に一任されていることから、結果の管理や点検時期の遵守についてはあいまいな点があります。
- このままでは、建設当初は点検しているが、そのうちに忘れられる免震建物も出てくる恐れがあり、現実に、そのような状態で放置されている建物があるようです。
- 所有者が変わったり、工事関係者がいなくなると、このような問題が出てきますので、しっかりと維持管理計画の持ち送りを心がける必要があります。

#### 費用はどのくらいかかるのか

- 建物の規模や場所によって変わるが、1回あたり50~100万程度はかかっているようです。
- 別置き試験体の試験はこれよりかかります。

JSSIは免震建物の維持管理にどのように関わっているか

- 協会の発足後、すぐに、維持管理WGを設置して維持管理点検のためのガイドラインを検討し、現在、JSSI版「免震建物の維持管理基準」を発表しています。  
現在、この基準は「標準」として広く活用されつつあります。
- その後、この分野のレベルと信頼性を高めるために、第三者機関としての点検事業を2年前より開始しています。標準の作成や、資格技術者の認定、教育など関連する分野の整備を進めていますが、すでに50件近い引き合いに対応、10件近く実施しています。
- 今後は、データを蓄積し、効果的な最小限度の維持管理や、実施時期の見なおし、別置き試験体の省略等の技術的なフォローや点検業者の養成、また、全ての免震建物でしっかりと維持管理が徹底するための仕組みなどの検討を進めていく予定です。
- 関心のある方の「維持管理委員会」への参加をお待ちしています。

(三浦 義勝)

表3 通常点検の項目、調査方法、管理値および報告など

位置		点検項目		調査方法	箇所	管理値	報告(*9)	
免震部材	積層ゴ弾ゴ性ムすアベレリ	被覆ゴムの外観	変色	目視	免震層指定箇所(*3)	異常がない 異物の付着がない	報告 (現状写真付)	
			傷	目視		傷がない		
		鋼材部の状況	発錆	目視		浮錆、赤錆が見当たらない		
			取付部	目視(*2)		ボルト、ナットのマーキングにズレがない		
		すべり板	異物付着	目視	免震層	異物の付着がない		
			腐食	目視	指定箇所	腐食が見当たらない(*7)		
	ダンパー	状況	本体	目視	免震層指定箇所	形状の異常または傷が見当たらない		
				目視	所(*3)	浮錆、赤錆が見当たらない		
		取付部	目視(*2)		ボルト、ナットのマーキングにズレがない			
		建物の周辺環境	クリアランス確保	目視	外周免震層EXP.J	移動範囲内に障害物がない		整備、除去、報告 (現状写真付)
外周部(*4)	免設震備・部配配材管線	周辺状況	障害物	目視	免震層	移動範囲内に障害物がない		
			可燃物	目視		可燃物がない		
			排水状況	目視		排水状況がよい		
			液体漏れ	目視		異常がない		
設配備線配可管撓部(*4)(*5)(*6)	設備部配管	可撓継手	追加変更	確認	免震層	追加・変更がない、または追加・変更について工事記録簿通りであり、支障がない	報告 (現状写真付)	
			追加変更	確認		追加・変更がない、または追加・変更について工事記録簿通りであり、支障がない		

(\*1) 被覆ゴムは、「一体型」と「後巻き型」に大別される。

(\*2) 判定は、点検マニュアル(2)の方法による。

(\*3) 指定箇所は、各部材総数の10%程度かつ3台以上とし、その内半分は、免震層の代表的な環境と思われる箇所、その他は特殊環境と思われる熱源、水源、排水設備、振動源の近傍とし、竣工時に建物管理者および免震機能維持管理者により協議決定した箇所とする。



- ( \* 4 ) 免震層、EXP.JOINT、外周部の工事履歴簿をビル管理者に作成してもらい、該当工事箇所は、重点的に点検を実施する。
- ( \* 5 ) 免震用点検は、補助的とし気づいた場合報告する。
- ( \* 6 ) 設備配管、配線可撓部については、工事記録簿を確認し改修工事が実施された場合、点検対象に加える。
- ( \* 7 ) 腐食の長径は、10 mm以下を目標値とする。
- ( \* 8 ) 傷の深さは、0.5 mm以下を目標値とする。
- ( \* 9 ) 報告時の（現状写真付）は、管理値を外れた場合、報告に添付する。

表4 定期点検および臨時点検の項目、調査方法、管理値および処置など

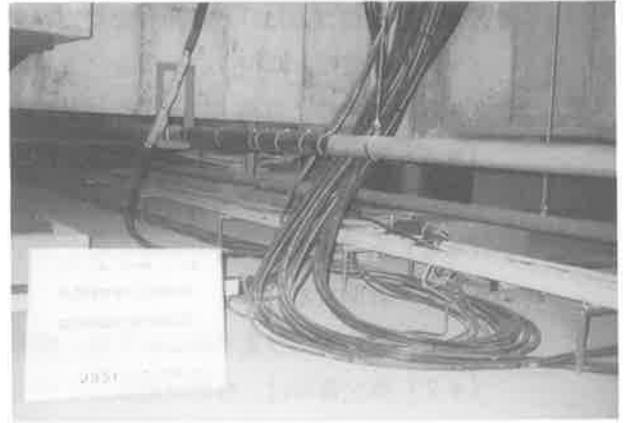
位置		点検項目		調査方法	箇所	管理値	改善処置(*19)
免震部材	積層ゴム	被覆ゴムの外観(*1)	変色	目視	免震層指定箇所(*7)	異常がない 異物の付着がない	調査の上対処
			傷	目視・計測(*2)	深さ d<被覆ゴム厚さ	管理値以内:補修 管理値以上:調査	
	アイソ弾性	鋼材部の状況	発錆	目視		浮錆、赤錆が見当たらない	塗装の修復
			取付部	目視(*3)		ボルト、ナットのマーキングにズレがない	締直し、再マーキング
	すべり板	積層ゴムの変位(*6)	鉛直変位	計測(*4)		異常な変位がない(*13)	調査の上対処
			水平変位	計測(*5)		異常な変位がない(*14)	調査の上対処
	支承	すべり板	汚れ・異物付着	目視		汚れ・異物の付着がない	除去
			腐食	目視・計測		腐食が見当たらない(*15)	調査の上対処
			傷	目視・計測		傷が見当たらない(*16)	調査の上対処
	ダンパー	状況	本体	目視	免震層指定箇所(*7)	形状の異常又傷が見当たらない	調査の上対処
			発錆	目視		浮錆、赤錆が見当たらない	調査の上、塗装の修復
			取付部	目視(*3)		ボルト、ナットのマーキングにズレがない	調査の上、締直し、再マーキング
			変形	水平変位	計測		異常な変位がない
	免震層建物・物	建物の周辺環境	クリアランス確保	計測 目視(*9)	外周免震層EXP.J	規定の寸法を確保している、移動範囲内に障害物がない	整備、除去
建物位置			計測(*10)	免震層	-	-	
免震部材配線		周辺状況	障害物	目視	免震層	移動範囲内に障害物がない	整備、除去
			可燃物	目視		可燃物がない	整備、除去
設備配管	可撓継手配管部	液体漏れ	目視	免震層	異常がない	報告	
		傷・亀裂	目視		異常がない		
		追加変更	確認		異常がない		
	電気配線	変位吸収部	追加変更		確認		異常がない
別置き試験体(*6)	ばね定数 等価減衰定数	計測	全数	異常な特性変動がない(*17)(*18)	詳細調査の上対処(*20)		

- ( \* 1 ) 被覆ゴムは「一体型」と「後巻き型」に大別される。
- ( \* 2 ) 測定は、点検マニュアル（ 1 ）の方法による。
- ( \* 3 ) 判定は、点検マニュアル（ 2 ）の方法による。
- ( \* 4 ) 鉛直変位は、指定箇所の竣工検査時マーク位置の 4 ヶ所を計測する。計測方法は、点検マニュアル（ 5 ）による。
- ( \* 5 ) 水平変位は、指定箇所の竣工時マーク位置の 2 ヶ所を点検マニュアル（ 3 ）により計測する。
- ( \* 6 ) 弾性すべり支承については、摩擦係数を別途管理するものとする。
- ( \* 7 ) 指定箇所は、各部材総数の 1 0 % 程度かつ 3 台以上とし、通常点検（ \* 3 ）に示す設定された箇所とする。
- ( \* 8 ) 免震層、EXP.JOINT、外周部の工事履歴簿をビル管理者に作成してもらい、該当工事箇所は、重点的に点検を実施する。
- ( \* 9 ) 建物外周の障害物の有無、建物の免震層外壁（隅部 4 ヶ所以上）および EXP.JOINT（ 2 ヶ所以上）など、竣工時に設定した位置のクリアランスを点検マニュアル（ 7 ）により計測する。
- ( \* 1 0 ) 竣工時に設置した建物 4 隅と中央部 1 ヶ所、計 5 ヶ所の下げ振りにより、点検時の水平変位を計測し、管理値を下回り、温度変化などによる値が妥当な場合、その値を竣工後の変位とする。また臨時点検で管理値を上回る場合、以後 1 0 ~ 1 5 日ごとに計測を継続し建物の復元状況を確認する。
- ( \* 1 1 ) 通常点検（ \* 4 ）に示したように補助点検とし、気づいた場合報告することとする。
- ( \* 1 2 ) 設備配管、配線可撓部については、改修工事が実施された場合、定期点検の点検対象とする。臨時点検は、改修の有無に関わらず点検対象とする。
- ( \* 1 3 ) ゴム総厚の 8 % または 1 0 mm のうち小さい方の値以下を目標値とする。
- ( \* 1 4 ) 初期値 + 2 5 mm 以内を目標値とする。
- ( \* 1 5 ) 腐食の長径は、 1 0 mm 以下を目標値とする。
- ( \* 1 6 ) 傷の深さは、 0 . 5 mm 以下を目標値とする。
- ( \* 1 7 ) 別置き試験体の特性試験は、免震部材設計管理基準（受入れ検査）の測定方法とし、点検マニュアル（ 6 ）による。
- ( \* 1 8 ) 初期値に対する変化は、 $\pm 2 0 \%$  以下を目標値とする。
- ( \* 1 9 ) 管理値を外れた場合の改善処置を示し、改善前後の報告は、現状写真付とする。調査の上対処などは、追加点検、原因調査などの実施と補修、修復その他の改善処置を設定することを示す。なお、追加点検は全数を原則とする。
- ( \* 2 0 ) 別置き試験体の特性変動の原因調査、設計の再検討などを行い、性能余裕度を確認する。必要に応じて本設の積層ゴムアイソレータの特性評価を検討する。

ユニハイム 山崎第1年次定期点検状況



アイソレーターの変位測定



電気配線の変位吸収状況



建物クリアランス測定



建物周辺状況



設備配管の可撓継手状況

# 第6回免震フォーラム開催の報告

前田建設工業株式会社 建築本部 建築エンジニアリング部 細川 洋治・小高 伸久

防災の日の9月1日に、免震建築の健全な発展のため、その普及活動の一環として毎年開催されている恒例の免震フォーラムが、工学院大学新宿校舎で開催されました。我が国の免震建築は、本年7月現在で日本建築センターへの評定件数が680件を超え、これからまさに発展期に入ろうとしております。また、2000年には建築設計が「従来の仕様書型」から「性能設計型」へと変わろうとしています。

今回の免震フォーラムでは、免震建築の優位性を探る意味から、1) ライフサイクルコスト、2) 税、融資等の優遇性、3) リスクマネジメントの観点から各分野の専門家の方々に考え方等を説明いただき、また、特別講演として、東京工業大学の青木教授を迎え、性能設計に向けた構造性能の目標水準設定についてご講演をいただきました。

当日の参加者は会員168名、非会員11名、来賓16名の計195名で、会員以外の参加者が14%を数えていたことは、当協会にとって非常に有意義なフォーラムであったといえます。

## プログラム概要

テーマ：建築と免震 — その優位性を探る —

現状報告：「性能型設計について」

建設省建築研究所 緑川光正氏

特別講演：「性能設計と目標水準」

東京工業大学 青木義次教授

実例報告：

実例-1 建築計画 日建設計 谷崎 績氏

実例-2 ライフサイクルとして  
大成建設 塚田康夫氏

実例-3 リスクマネジメント  
EQEインターナショナル 川合廣樹氏

実例-4 地震保険  
損害保険料率算定会 坪川博彰氏

フリーディスカッション

はじめに、中野会長からユーザーにわかりやすく免震を理解してもらい、免震がさらに普及するようにと、テーマを「建築と免震（その優位性を探る）」に設定したと挨拶があった。ただし、設計基準が従来の仕様書型から性能設計型へと変わるにあたって、新たな基準が底辺の人達が守れる基準にではなくてはならず、これを技術者は考えなくてはならない。つまり「新たな基準である性能設計型は、あるべき基

準ではなく、使える基準でなくてはならない。」と注意があった。

現状報告：

## 性能型設計について — 性能規定と免震構造 — 建設省建築研究所 緑川光正氏

今回の建築基準法令改定の目的は、建築構造に関しては性能規定の導入にある。従来の仕様規定では困難であった建築構造の質の向上という位置づけがある。すなわち、現在の基準法令では、その基準の一部が仕様の記述されており、建築物が満足すべき性能が必ずしも明確ではない。ここでいう性能規定とは、法令が建築物に仕様ではなく性能を求めるものであり、耐震に関しては想定される地震動の作用に対して、建築物に要求される構造性能を明確に定め、同時にその構造性能の評価を示すものである。ただし、性能規定といえども最小限の規定であることには変わりなく、実際の建築物の性能は、これらを踏まえた上で建築主の自主的な判断のもと決められるべきものである。

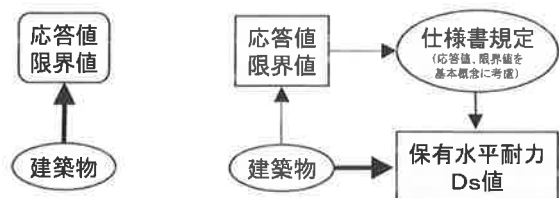
耐震規定に関わる性能規定の考え方、要求性能水準および耐震性能評価の原則を表-1に示す。

表-1 要求耐震性能

要 求	地震動	地 震
人命保護 (作用時に階の崩壊を生じない)	レベル	想定すべき最大級 (過去の記録、地震地体構造、活断層等により設定)
	応答値	地震によって生じる最大変形・耐力
	限界値	限界変形・耐力 (塑性域での繰返しの影響を考慮した限界値)
	解析法	応答スペクトル法等
損傷防止 (構造安全性の維持に支障のある損傷、又は法令による他の要求を満たさない状態になる損傷を生じない)	レベル	一度以上遭遇を想定 (再現期間概ね数10年~50年程度)
	応答値	各部に生じる応力・変形
	限界値	限界応力・変形 (骨組全体が概ね弾性挙動を示す範囲)
	解析法	静的弾性解析法等

耐震性能の評価の原則として図-1(a)に新たな性能評価の原則を図-1(b)に大地震動に対する現行の評価方法を示す。新たな規定およびその評価の方法

では、規定により設定された地震動に対する設計された建築物の応答値を求め、その応答値が限界値を下回ることを直接的に確認することを原則とする。ただし、これが真の意味で性能規定となり得るためには、応答値ならびに限界値ができ得る限りの真の性能を表すものであることが望ましい。なお、応答値が限界値を上回らない判断はあくまで工学的な見地に基づいてなされるものである。また、確率的には上回ることがあり得るとの情報も含めて建築主に正しく性能を伝えておくことが建築に係わる者の責務であろう。



(a) 新たな評価方法 (b) 現行の保有水平耐力による方法  
図-1 新たな耐震性能評価の原則と大地震に対する現行の方法

建築物の耐震性能は、以上に述べた原則に従い、応答値と限界値に基づいて評価する。ここで、弾性応答ではなく弾塑性挙動まで考慮した性能を明確に評価するには、応力や耐力の評価だけでは不十分であり、耐力と変形を含めた骨組や部材の荷重-変形関係に基づいて応答値を把握し、限界値（耐力および変形）との関係により評価を行うことが不可欠である。具体的なくつかの方法があるが、応答スペクトルによって得られる応答値と限界値に基づいて大地震動に対する構造骨組の安全性を評価する算定手順を以下に示す。特に、ここで示す方法は、非線形応答と線形応答を対応づける方法の一つであり、縮約1自由度系と等価線形化による応答スペクトルを用いた解析法である。

- ① 評価する建築物の適用範囲、使用材料を確認する。
- ② 建築物基礎位置における地震動に対する建築物の応答スペクトルを、工学的基盤位置での地震動と表層地盤の特性、建築物の減衰性に基づき定める。
- ③ ②の応答スペクトルから得られる加速度応答スペクトル（水平力）と変位応答スペクトル（水平変位）の関係を求める。（図-4中のA）
- ④ 建物の上部構造を地盤-基礎を含めた構造骨組モデルの非線形荷重増分解析により得られ

た荷重-変形関係から、等価な1自由度系にモデル化する（図-2）。等価粘性減衰定数は、上部構造の減衰定数、上部構造-地盤間の相互作用の減衰定数と各部のポテンシャルエネルギーに基づいて求める。（図-3）

- ⑤ 建築物の応答値は、水平荷重と水平変形の関係（図-4中のB）の交点として求める。
- ⑥ 応答値が限界値を下回れば建築物は大地震動に対して安全であると判定する。

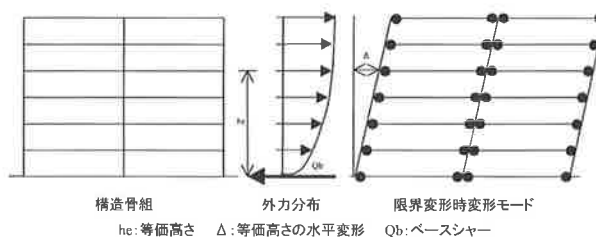


図-2 建築物の等価1自由度系へのモデル化

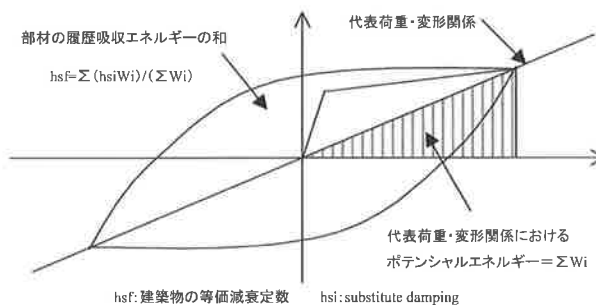


図-3 代表荷重-変形関係から等価剛性・減衰定数を算定

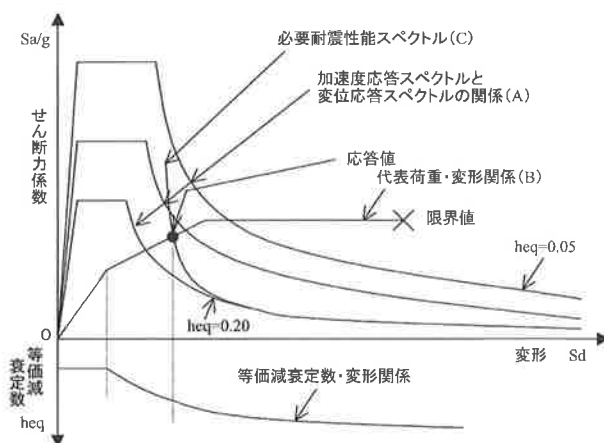


図-4 応答スペクトルで応答値が限界を下回ることを確認

つまり現行の地震荷重は地震力（層せん断力）により規定されているが、改定案では、地震動で規定し、その地震動特性を加速度応答スペクトルで代表させる。これにより、どのような地震動を想定しているのが現行より明確になり、また、免震構造や

制振構造、さらに将来の構造方法の多様化に対応したより汎用性があるものとするができると考えられる。さらに、表層地盤の増幅特性や地盤-建物の相互作用効果を、従来より合理的に評価できることになる。

最後に、今回の基準法令改定における性能規定の導入は、まだ第一歩を踏み出したに過ぎず、今後に残された技術上の課題は多い。

A): 緑川光正「建築基準法令における地震荷重」  
1999年度日本建築学会(中国)構造(振動)部門パネルディスカッション資料

**特別講演:**

**性能設計と目標水準**

東京工業大学 青木義次教授

性能設計へ移行するにあたり、構造性能の目標値をどのように考えるかについて、目標水準分科会とWGで検討を重ねた。

最初に、法で規制することの根拠から考えた。現代法学では、規制することが妥当と考えられているのは、個人の行為が第三者の権利を阻害する場合と個人が適切な判断をすることが出来ない場合に限られており、以下の検討もそうした立場でなされた。従って、性能水準の決定は、原則的に施主である。しかし、施主が適切な判断をできるとは限らない。通常の工業製品を購入する場合はたとえ工学的知識がなくとも何度も使用していれば性能を理解できるが、建築の場合には、建築を購入したり施主になったりすることは少なく、また、使用したとしても災害が発生しないと安全性能は理解しにくい。この点を考えると、性能水準の決定に、構造設計者の役割は非常に大きい。そのため、当面、構造設計者に、①平易に構造性能を語れること、②構造性能の十分なメニューを提示すること、③施主の立場に立って施主の判断を助けることが期待されている。

上記の原則の上で各WGで次の検討がなされた。

- ① 現行仕様規定の水準と比較して妥当であるか
- ② 他のリスクと比較して妥当であるか
- ③ 経済合理性からみて妥当であるか

上記1)については、現行の仕様規定で示される最低基準が概ね妥当だとすれば、その仕様規定で作られる建築の性能値は、性能規定の最低基準と考えてよいという視点からの検討である。キャリブレーションWGで、いくつかの建物について、現行仕様規定に基づき試設計し、その性能値(確率的な安全性能)を計算し、現行規定が目指していた性能を計測するという検討を行った。

上記2)については、構造安全性だけが優れていても、交通事故などで死亡してしまえば、構造安全の努力は報われないことから、他のリスク(これをバックグラウンドリスクと呼ぶ)とのバランスが必要であるという視点からの検討である。バックグラウンドリスクWGで、一般災害リスク(疾病、交通事故、火災等の死亡率)を経年変化、国際比較する検討を行った。

上記3)に関しては、「総費用最小化原理」という視点で検討された。すなわち、

$$T=C+D$$

T: 総費用、C: 建設費用、

D: 被害額期待値

を最小とする性能水準を見いだすために各種の数値計算を行い検討を重ねた。計算結果によると、最小値付近での総費用の曲線はなだらかで、より安全側に設計しても費用はそれほど増加しないこと、従って、総費用最小の性能水準よりも安全側に設計したとしても費用増加の点から問題ないということがわかった。

以上の3つの側面からの検討に加え、性能設計のフローの捉え方、水準の表現の仕方などのわれわれの考え方自体が、一般の方にどう受け止められるかを検討するため、一般住民、各種団体関係者に対してのアンケート調査を実施した。性能設計に対する考え方等については好意的な回答が多かったが、性能を確率で直に表現する方法は分かりにくいという批判的回答が多かった。

上述までが、目標水準分科会での活動概要であるが、残された課題も多い。一番大きな課題は、用途係数が基準法で明確化されなかったことである。建

築基準法が最低基準を規定するという性格である以上、最低基準が建物用途によって変化するのはおかしいというのが行政側の理由ということらしい。

こうした今後検討されなければいけないと思える点を以下にいくつか報告しておきたい。

第1は、都市・地域を総合的に捉えた視点からの構造性能水準という課題である。たとえば病院は、建設コストと構造の損害額期待値の和としての総費用だけで理解されるべきでない。災害時にこそ社会的な役割が高いのであり、そのサービスが持つ社会的な価値が達成されるか失われるかが大きなポイントである。このためには、社会的な価値（社会的効用）から総費用を引いたもの（これを総効用という）を最大化するような水準が望ましい。用途係数もこうした面から検討する必要がある。この点に関しては文献Bを参照されたい。

第2は、被害を多次的に把握するという視点である。工業製品の場合は壊れたら新しいものととり変えることができるので被害は金銭で評価できるが、人命の場合、一度死亡すると生き返ることができないので、金銭で評価することは、人によっては認めないという方もいる。こうした場合、経済的損失と人命損失をわけて多次的に評価する方法（マルチクライテリア問題）がある。構造設計でもこうした方法が活用されるべきだろう。

第3は、外部性という問題である。外部性には空間的外部性と専門的外部性がある。前者は、ある建物が倒壊し前面道路を塞ぎ緊急車両が通行不能となるように、ひとつの建物の被害だけの問題ではなく空間的に隣接した外部との関係を抜きにして被害を語ることはできないということであり、後者は、意匠、構造、設備といった自分の担当する分野だけで判断するだけでは総合的によい建築は出来ないということである。このふたつの外部性を理解しながら設計する必要がある。

第4は、ロバスト設計という視点である。部材の性能には若干のばらつきがある。材料や施工の若干のばらつきがあったとしても安全性能を確保するという視点である。理屈だけで最適化をしすぎると危険な場合がある。他の分野ではロバスト設計の研究や技術開発が進められているが構造設計でも今後検討すべきであろう。

第5は、インセンティブ開発という視点である。現在、構造設計者がより安全に設計しても、安全性能が他の人から直観的に理解しにくいと、費用が増加するとか意匠的に具合が悪いなど好意的評価されないことが多い。構造設計者の努力や工夫を第三者に理解してもらうこと、たとえば構造性能表示等の普及も重要であり、同時に、構造設計者が自らに責任を課し、構造設計者のステータスの向上を図るべきであろう。

B) 青木義次「重要度係数の最適化」日本建築学会論文報告集 第266号、1978.4,5

実例報告；

### 実例－1 建築計画的立場から

日建設計 谷崎績氏

免震建物の優位性について一建築家として建築計画的立場から以下に上げる5つの事項について報告する。

#### \* 兵庫県南部地震（1995）

震災直後に調査から。上下の無事な中間層の破壊は、乱暴に言えば中間層免震に近い効果と見える。弱い層・柔らかい層を作って計画的に壊し・動かしエネルギーを吸収する免震の考え方そのものと感ずる。

また、柔らかい地盤で以外に壊れない例は、地盤による振動吸収があったのでは？

#### \* 免震建築としている主な施設

免震建築はコストがかかると単純に建築主をはじめとする需要者側のみならず、設計や施工を担当する供給側の認識になっているが、理解が進み常識が変わると評価も変わると思われる。それには免震の優位性が高く現れる以下の施設がそれを証明してくれる。

- ・原子力施設、電算センター等（社会的ダメージの回避）
- ・防災拠点となる施設（被災者の生活支援）
- ・病院、研究所（手術・集中看護、実験の継続可）
- ・レトロフィット（旧基準1981以前の建物）
- ・美術館、博物館（安全な展示・保存）
- ・住宅や学校（被災直後の生活の想定）



耐震性レベルの要求は、「人命を守る」から「被災後も」使い続けるに変わりつつある。

**\* 免震建築の特性**

免震建築が持つ特性について説明をする機会があるが、建築主にも供給側にも理解しにくいものに以下の事柄が挙げられる。

- 中地震以下の地震だけの世界（例えば200gal以下の世界での設計）
- 「動く」建物（動かすディテール・クリアランスの理解）
- 維持管理体制（免震システムの長期的維持管理体制）
- なぜ免震か？（目的、メリットの評価）

**\* 耐震建築と免震建築**

別の視点から、設計上両者の比較や検討を進めると、それぞれの特性について以下の事柄が挙げられる。

- 間仕切壁の構造利用 → 構造コアからの開放
- 不明解な構造（一般） → 明解な構造（免震構造）
- 力学的特性（設計用） → 加速度・変位・変形の設定
- 増築・接続は？ → 耐震構造より難しい
- コストは変わらない → 免震層＋、上部構造－

**\* 課題**

免震建築の優位性は認められるが、これが普及し一般化するにはいくつかの課題がある。

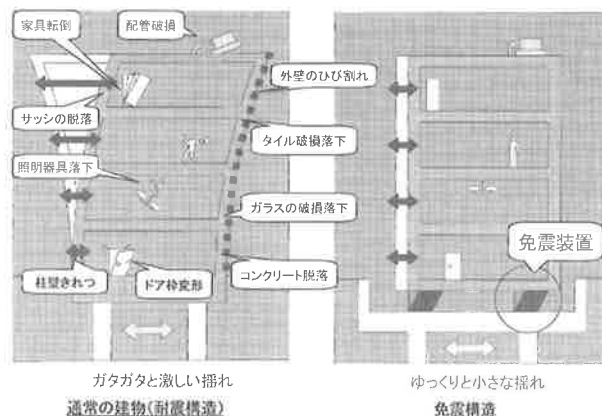
- 許認可制度簡素化。特に中小規模建築の設計基準や手続きについて
- 免震技術の国際的普及に対して、粗悪部品や技術の流通対策としても、工法材料の国際標準の必要がある。
- スクラップ&ビルドからロングライフビルへの傾向は、上部構造の長寿命化に伴って増加する。
- 倒壊防止、人命保護から被災後も使える損害防止へ

**実例－2 ライフサイクルとして**

大成建設 塚田康夫氏

免震建物は一般の非免震建物と比較してコストが高くなるのではないかとというのが、施主をはじめとする需要者側だけでなく、それを提供する供給者側の認識でもあり、免震建物の普及の阻害要因となって

いる。しかし、ここで言われているコストは、建設費つまりイニシャルコストに限定されたものである。免震建物と非免震建物の違いを説明するのに図－1の様な図がよく使われる。絵に描かれた両者を比較すると、需要者側も概念的なものに関しては理解しやすい。



図－1 一般建物と免震構造

免震建物と一般建物のコスト比較はイニシャルコストを対象として行われることが多く、基礎免震を用いた場合、一般建物に対して数%～10%程度建設費が割高になるという認識があった。しかし、この比較には次のような問題点がある。

- ① 免震層の活用がされていない
- ② 地震被害の損失評価がされていない

①に関しては免震層に適正な階高を持たせ有効活用したり、中間階免震とするなどで坪当たり単価を引き下げする方法がある。②に関しては確率的手法を用いてリスクを算出し、免震建物による性能を織り込んだコスト評価を行う方法がある。表－1に免震建物と一般建物とのコストの増減要因を示す。

表－1 免震建物のコスト（一般建物との比較）

分類	項目	コスト変動	理由
イニシャルコスト	上部構造体	減	地震力の低減による物量低減
	基礎または装置取付部	増	二重基礎、取付部分の増加
	免震装置	増	非免震では0
ランニングコスト	仕上材	減	加速度、層間変位低減による取付方法の簡易化、物量低減
	設備機器・配管	減	同上
	屋外渡り配管・配線	増	フレキシブルジョイント、ルート増大など相対変位対策
ランニングコスト	設計	増	許認可対応
		減	定型化、標準化できる場合
ランニングコスト	施工	増	品質管理項目の増大 工事量、工期の増大
		減	点検、保守が必要
ランニングコスト	維持管理	増	点検、保守が必要
	震災時の補修	減	補修費用が極めて少ない

地震によるリスクを評価する手法として地震リスクマネジメント（SRM：Seismic Risk Management）がある。免震建物のライフサイクルコストを評価する際、広義の意味でのコストは、地震リスクも含め図-2のように考えられる。

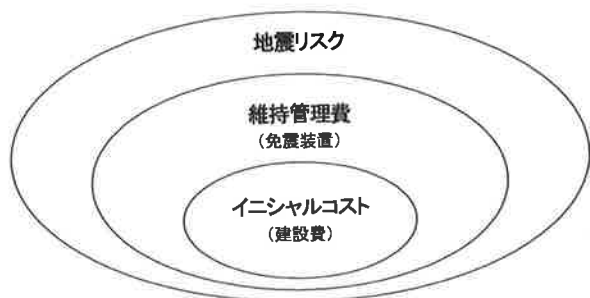


図-2 地震リスクも含めたコストの概念

SRMでは確率論に基づきリスクを

$$\text{期待損失}(R) = \text{損害発生確率}(P) \times \text{損失の大きさ}(C) \dots\dots *$$

で定義するものである。

地震リスク損傷発生確率は、建物強さ、地震の起こり易さなどから算出される。

以下にSRMを用いた地震リスク評価の事例を示す。SRMにより建物の地震リスクを評価するには、地震時に被害を受ける対象の価値を把握しなくてはならない。ここでは8階建て延床面積7,000㎡程度のオフィスビルを想定し非免震建物の建設費を100とした場合の被害対象の価値を表-2のように設定する。

表-2 価値の設定（オフィスビルの例）

項目	免震建物	非免震建物 +地震対策	非免震建物
建設費	105	102	100
維持管理費(免震装置)	0.05/年	-	-
被害対象の(復旧)価格			
1. 構造躯体	32	27	27
2. 仕上げ系	36	37	36
3. 設備系	37	38	37
4. 家具・什器	15		
5. 無形資産	15		
6. 営業損失	28/年		

1～5の事象は構造躯体の耐力が他に比べて大きいことからそれぞれ独立した事象とみなすことにする。ただし、営業損失は構造・設備・備品類の被害の影響を受けるので、図-3のようなイベントツリー展開を行って各々の事象の営業休止月数を設定する

ことで、営業休止期待月数が算出される。これにはライフラインの停止も考慮する。これに営業付加価値額を掛け合わせることで、期待営業損失が算出される。また、これらの数値を算出するに当たり、限界入力中央値を定義した。限界入力中央値とは建物を含めた部分の耐力特性に対して、その応答が限界値に達する際の入力加速度であり、その対象が限界状態に達する入力加速度が対数正規分布であると仮定したときの入力中央値である。

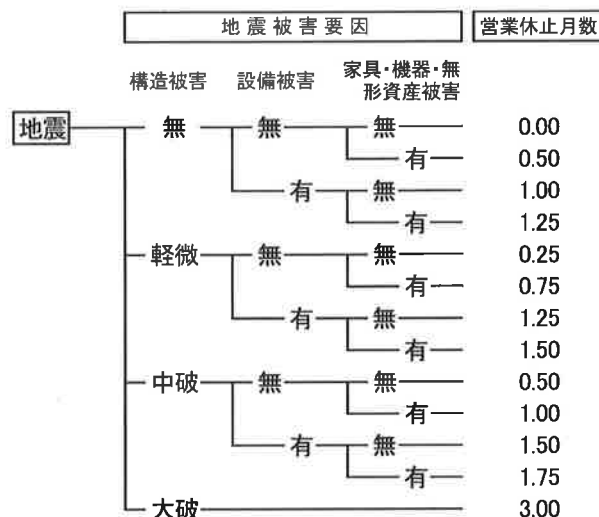


図-3 イベントツリーによる損傷モードと営業損失

- 構造躯体・仕上げ→層間変形角  
(軽微1/150,中波1/100,大破1/50,免震層の変形50cm)
  - 設備→フロア加速度 0.60G
  - ライフライン→地表面加速度 0.36G  
(標準地盤0.30G,ここでは2種地盤なので1.2倍)
- 認定した各部の限界状態

RC8階建て構造モデルの応答結果が、認定した限界状態の層間変形角、床応答加速度（\*\*）に達することをもって、これを限界入力中央値とすると表-3のようになる。

表-3 各事象における限界入力中央値

基礎加速度換算：Gal

項目	免震建物	非免震建物 +地震対策	非免震建物
構造躯体軽微損傷	-	200	200
構造躯体中破	-	350	350
構造躯体大破	700	550	550
設備の損傷	700	400	300
家具・什器の転倒	700	300	200
無形資産の損傷	700	300	200
ライフライン機能停止	300	300	300

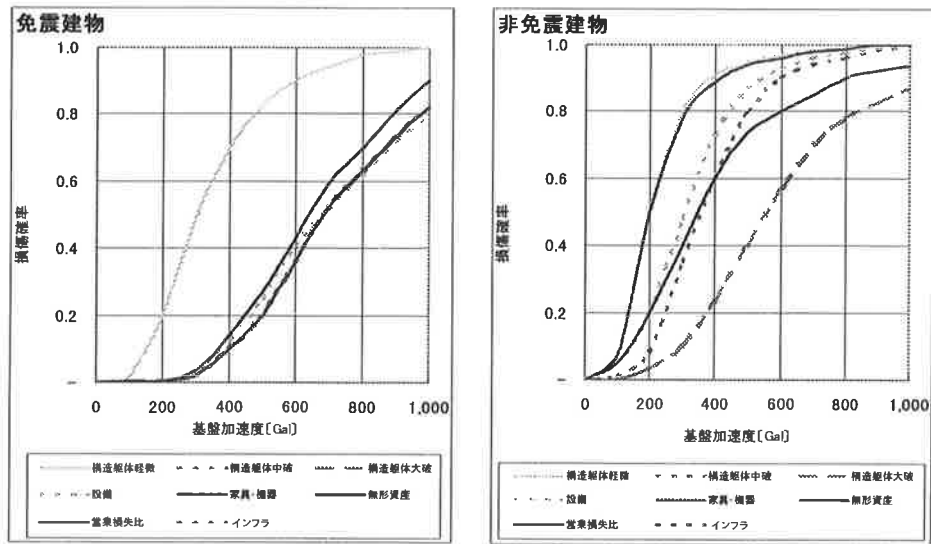


図-4 各部の損傷確率

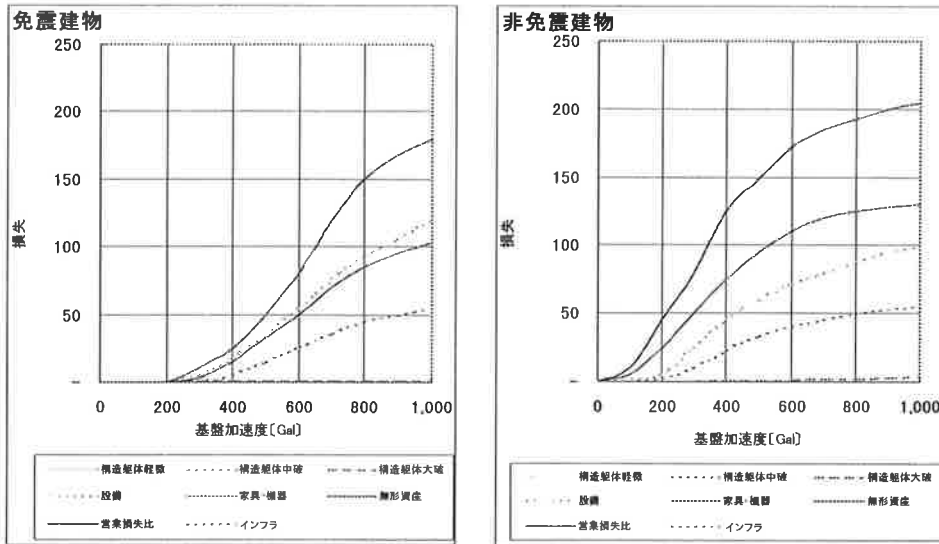


図-5 各部の損失

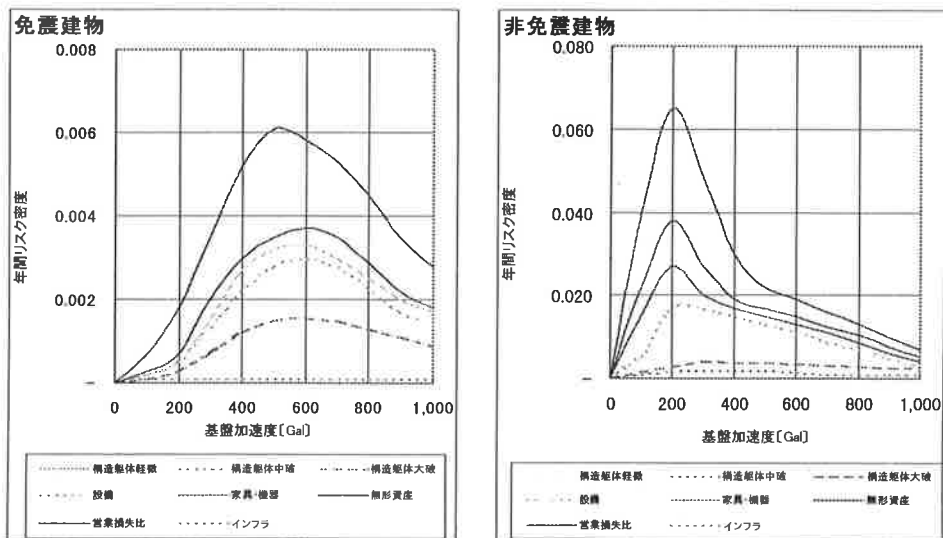


図-6 各部の年間リスク密度

この中央値と変動係数を与えれば、各部の損傷確率は図-4のようになる。

これと各部の価値との積がリスク曲線(図-5)である。この値に地震ハザード(図-7)を考慮すると、各部の年間リスク密度(図-6)を得る。

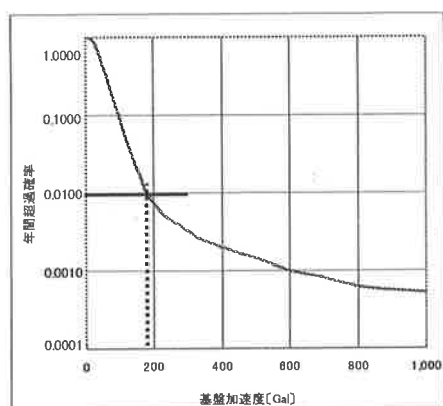


図-7 地震ハザード曲線

地震ハザードは日本建築学会建築物荷重指針・同解説の標準地盤の地震動の最大加速度と有限期間換算係数より作成したものである。

免震建物は非免震建物に比べ損傷確率が小さくなる。これは全体的に限界入力中央値が大きくなるからであり、年間地震リスクも極めて小さくなるが分かる。

図-8に「免震建物」「非免震+地震対策」「非免震建物」の3種類の建物について地震リスクを考慮したライフサイクルコスト比較の結果を示す。

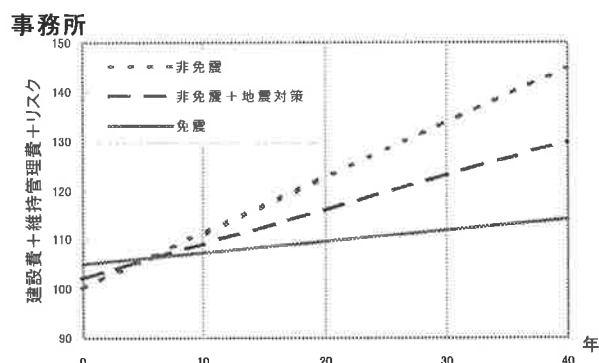


図-8 地震リスクを考慮したライフサイクルコスト比較①

この例は、非免震建物に対し免震建物の建設費が5%高くなるケースであるが、非免震建物の年間地震リスクが大きいいため約6年で逆転している。図-9では、表-2の中で設備比重を55(建築単価は1.4倍)、家具・什器及び無形資産を30としたもので

あり、設備や家具・什器など守るべき物の価値が大きいと、非免震建物の地震リスクが免震建物に比べ増大するため、前の例(図-8)より短期間でライフサイクルコストが逆転していることが分かる。

#### 電算センター

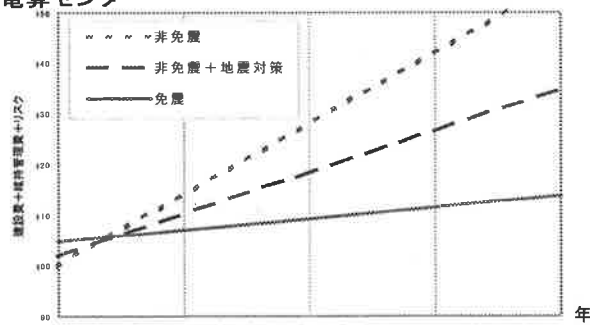


図-9 地震リスクを考慮したライフサイクルコスト比較②

図-10は東京近県より地震危険度が低い地域(標準地盤における100年再現期待値150gal)を設定して、表-2、表-3のモデルで同様に計算したもので、地震リスクの大きい非免震建物のリスクが相対的に小さくなっている。免震建物は耐震性が非常に高く、地震危険度の高い地域ほど建物を免震することの意味が大きいことが分かる。

#### 事務所

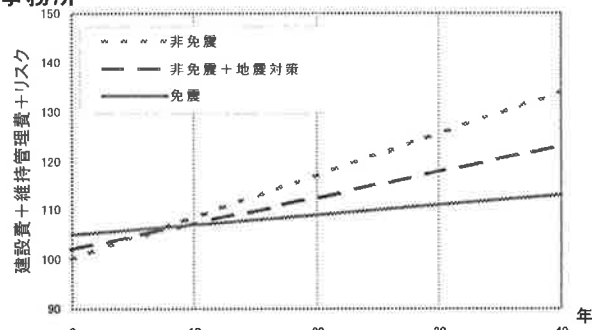


図-10 100年再現期待値150galの地域

以上より、

- ◇ 守るべき価値が大きい施設
- ◇ 長寿命を期待する建物
- ◇ 地震危険度の高い地域に建つ建物

ほど免震の利点大きい。

SRM手法を適用することにより、地震損害費用を考慮した免震建物のライフサイクルコストを適切に評価することが可能である。

C):水谷守、小倉桂治、中村孝明、中村政則、木村

雄一「地震リスクマネジメント (SRM) 手法による地震対策の定量評価 その1~2」日本建築学会大会学術講演梗概集 1996.9

D): 塚田康夫、木村雄一、河村壮一「地震リスクマネジメント (SRM) 手法を用いた免震建物のライフサイクルコスト評価 その1~2」日本建築学会大会学術講演梗概集 1997.9

E): 塚田康夫、木村雄一、河村壮一「SRMによる免震建物のライフサイクルコスト評価」第10回日本地震工学シンポジウム 1998

## リスクマネジメント

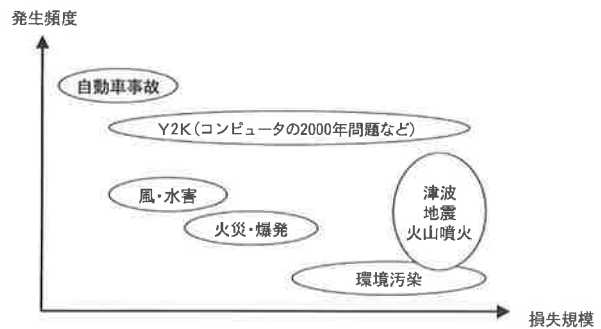
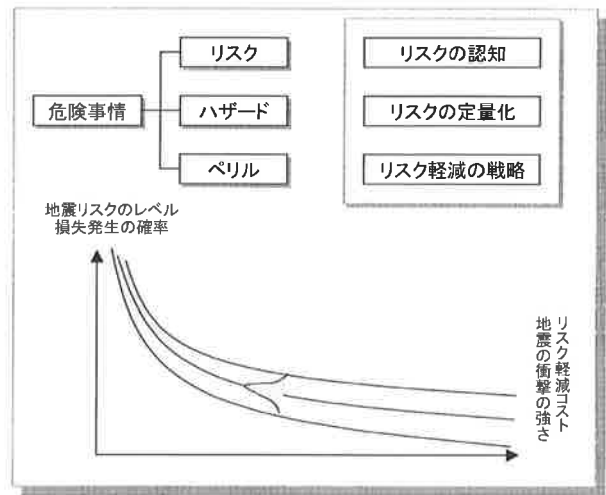
EQEインターナショナル 川合廣樹氏

はじめに：

リスクとは認知しなければ実体のリスクとは言えない。即ち地雷原に有る地雷の様に、探査して初めてリスクと認められる。ハザードはゴルフコースにある池のように、誰にでも認知出来る危険事情を言う。またペリルとは明らかに危険が迫っている状態のことで、例えばガソリンスタンドでの喫煙の様な危険事情を言う。

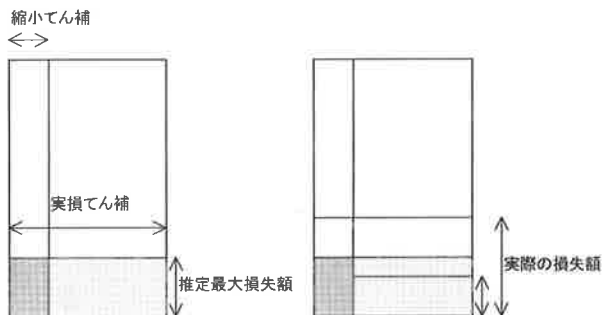
- リスク → 落とし穴
- ハザード → 分かっている危険
- ペリル → 迫っている危険

最近のトピックスでは全日空のハイジャック、或いは山北町の中州の事故の様に、リスク危険事情をリスクとして認知して対策を講じていけば、痛ましい結果をもたらさなかったと考えられる。日本人のリスクに対する考えは、「全て、成り行き任せの文化的風土」がある。米国では、大恐慌の後1930年代にリスクマネジメントに対する必要性が高まり、一つの経営管理の手法としてあらゆる経営上の危険事情を分析或いは察知してその損失を如何に軽減すべきやと言う方法として定着してきた。この方法が最近では所謂ITとしてさらに進化して取り入れられている。今や日本の立ち後れはこの点にあるとする論説もある。



1. 関東大震災の損失は55億円で現在の物価水準が10万倍とすれば550兆円になる。これは、神戸震災の損失の100倍を超えている。この損失規模はその後の昭和初期の大恐慌の遠因となり、満州事変、支那事変をもたらし、第二次世界大戦を引き起こしたとも言える。阪神・淡路大震災は建物の損失だけで5兆8千億円とも言われている。現行の建築基準法は2段階設計の考え方で明らかに二次設計ではほとんどの建物構造の損失を許容している。また、構造物に損傷がなくても、仕上げ、設備或いは高価な商品を滞貨していれば建物の衝撃（振動）によって多大な損失を被る事になる。
2. 1998年7月に損害保険料率に関わる規制緩和がなされ、リスクファイナンスの方法としてリスクの転嫁即ち地震損害保険の企業向け保険が充実した。企業は自社の施設の地震による実損部分を推定し、その部分を担保する事が可能となった。昨年来不動産の証券化が可能となり、資産の地震損失に対し正当な評価（デュデリジェンス）が成される様になった。地震損失の可能性に付いての正当な評価と証券の格付けがリスクマネジメントの

必要性へのモチベーションになりつつある。

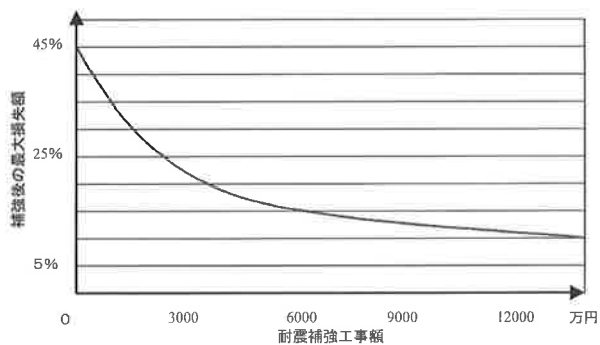


$$\text{純保険料率} \quad \frac{P}{Z} = \frac{r}{n} = P$$

実損てん補方式によれば、推定した最大損失額を越えた損失は免責になり、推定損失額以下の部分は実状に応じて100%カバーする。

3. 1941年17日カリフォルニア、ノースリッジでM6.7の地震が発生し、アンハイザーブッシュ社の最大級のビール工場に約30億円の損失がもたらされた。この工場では1989年からリスク低減の一連のリスクマネジメントが実施され、約16億円をかけて耐震補強を行った。その直後1996年に再度ノースリッジ地震が発生し、地震後の検証では、地震損失200億円業務中断損失約300億円の損害が回避されたとされている。A社はその危険事情を認知してリスクコントロールに必要な費用を投下し500億円の損失を回避した。

一方、ハイジャック事件が起きて初めて、羽田空港に数億円で防止装置を設置するという。また、兵庫県は神戸震災の後数十億円で防災ネットワークを構築している。「転んだ後の杖」のか。



4. 免震構造は地震時の衝撃（振動）が著しく低減されるので、仕上げ、機械、什器の損害が大きく低減される。この結果、実損部分の保険料が軽減され、リスクファイナンスは有利になり初期建設費用が短年で回収される。初期投資の負担分をリスクファイナンスの優位性で判断する経営方針が重要になる。建物施設の地震損失に対する経営上

の判断には「成り行き任せ」「任期中事なかれ」を捨てて企業存続の意義、責任に経営者が目覚める事が肝要である。

## 地震保険の現状と将来

損害保険料率算定会 坪川博彰氏

### 1. 地震保険の種類

地震保険は以下の3種類に大別できる。

#### a) 家計地震保険

家計分野の地震保険＝狭義の地震保険  
＝「地震保険に関する法律」に基づく地震保険

#### b) 火災保険の拡張担保特約（企業保険分野）

企業分野の地震保険＝火災保険拡張担保特約

#### c) 地震火災費用保険金

### 2. 家計分野の地震保険

歴史：戦前の地震保険へのトライアル  
昭和39年の新潟地震と地震保険  
宮城県沖地震と商品改定（昭和55年）  
阪神大震災と商品改定（平成8年）

### 3. 地震保険の商品内容

担保内容：地震、噴火またはこれらによる津波を直接または間接の原因とする火災、損壊、埋没または流失による損害。

契約対象（保険の目的）：居住用建物（住宅）および生活用動産（家財）

契約方法：住宅を対象とした火災保険に付帯して引き受ける（原則自動付帯）

保険金額の設定：火災保険金額の30%～50%範囲

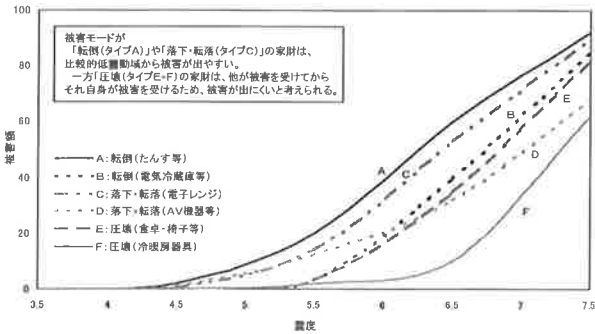
保険金額限度額：建物5000万円、家財1000万円

保険金の支払：全損、半損、一部損

政府による再保険：超過損害額再保険方式

最高4兆1千億円

回帰式の比較(耐久材:タイプA~Fの場合)



4. 地震保険の料率

地域による区分 (4等地)

構造による区分 (非木造、木造)

地震保険料率表 (保険期間1年、保険金額1,000万円あたり・円)

構造	非木造	木造
1等地	5,000	14,500
2等地	7,000	20,000
3等地	13,500	28,000
4等地	17,500	43,000

料率の原則:

$$R (\text{料率}) = L (\text{期待損害額}) \div V (\text{保険価額})$$

$$L (\text{期待損失}) = \sum f (\text{災害頻度}) \times d (\text{損傷度})$$

地震保険料率の修正要素

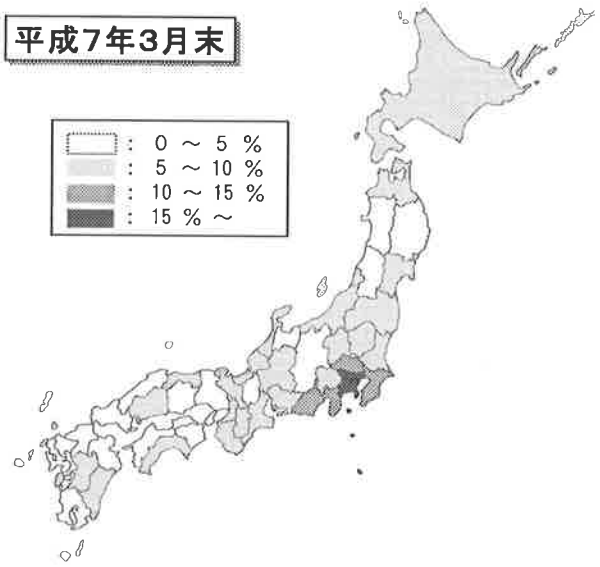
要素	考慮すべきファクター	問題点
建物の耐震性	住宅の新旧、工法・構法・技術基準・性能認定(保証)制度	耐震性能の公的・客観的評価基準の未整備
建物の立地地盤の状況	地盤種類、公的機関のマイクロゾーニング、地盤調査	線引きの良否、技術的限界
活断層の有無やそれからの距離	活断層分布(密度)、活断層からの距離	地学調査の限界、自治体の規制との関わり
市街地環境の差異	都市計画分類(用地地域)、土地利用制限(建坪率、容積率)	実証が少ない、地震危険度だけを反映したものではない
地震の発生期待値の差	サイスミシティ、地震発生モデル	予見性・予知予測困難性、科学的合意性

5. 阪神大震災と地震保険の変化

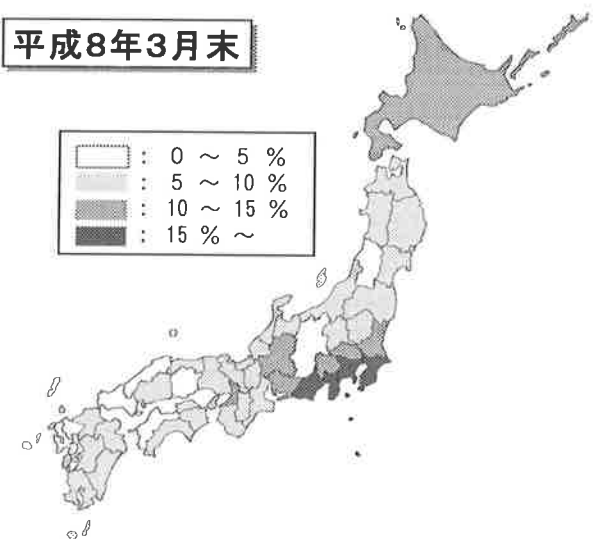
阪神大震災の地震保険支払い: 約7万件、780億円

全国的な契約の急増: 地震保険は阪神大震災の前は約300万証券、保険金額が15兆円の保有でしたが、現在約700万証券、45兆円の保有になった。

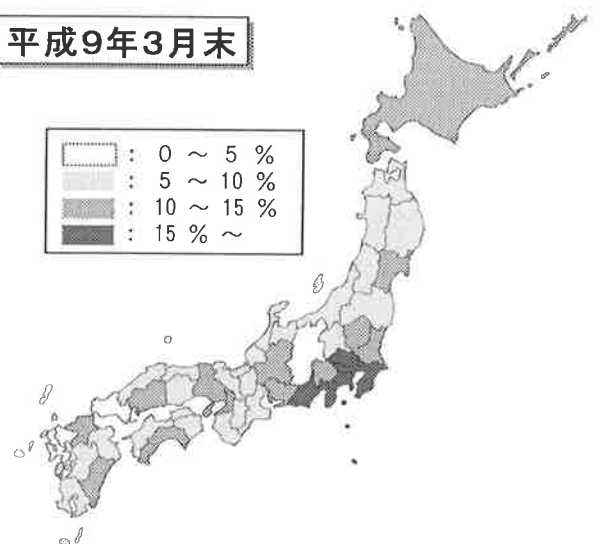
平成7年3月末



平成8年3月末



平成9年3月末



6. 地震保険の将来

料率細分化の可能性 → 自己責任との対応

地盤、建物構造、周辺環境、建物使用状況、地震発生可能性

性能規定・性能表示との関係

耐震、制震、免震

保険以外のリスク対策との融合→リバース・モーゲージ



# 「1999年度日本建築学会大会（中国）」の報告

出版委員会

去る9月17日（金）～19日（日）の3日間、広島大学（広島県東広島市）において、1999年度日本建築学会大会が開催された。中国支部では1990年10月に広島工業大学で行われて以来の9年ぶりの開催であった。

今年度は、「20世紀の記憶、21世紀への予感」を大会メインテーマとして、9月15日及び16日には一般の方も対象として、大会記念講演会と公開シンポジウムが以下の3つの会場において開催された。

## 1) 広島市会場

- ・大会記念講演：瀬戸内のまちなみと景観
- ・公開シンポジウム：21世紀の都市らしさ

## 2) 米子市会場

- ・公開シンポジウム：山陰の景観形成とまちづくりすまいづくり
- ・ワークショップ：米子旧加茂川沿いの都市景観とその課題

## 3) 東広島市会場

- ・公開シンポジウム：やわらかいまちづくりの作法－東広島市を舞台に考える

ここ数年は、各社とも経費削減で出張もままならないと聞かすが、今年度の大会参加登録者数は3日間で合計7979名とほぼ例年通りで、新技術への取り組みに関しては各社とも前向きであることが窺えた。

大会は、大きく分けて「学術講演会」、「総合研究協議会」、「部門別研究集会」の3つから構成されている。

今年度の学術講演会の発表題数は過去最高の6158題で、昨年の5999題から約3%増の発表題数となった。

総合研究協議会では、「木造再興－地球環境と建築の社会性からの見直しと限界克服の展望」と「学会の規準、仕様書のあり方」と題した2つのテーマで講演と討論が行われた。

部門別研究集会は、「研究協議会」、「パネルディスカッション」、「研究懇談会」の3つに分かれており、研究協議会においては、農村計画、建築歴史・意匠等の合計12部門で集会が行われ、パネルディスカッションにおいては、材料施工、環境工学・建築経済等の合計14部門で集会が行われ、研究懇談会に

おいては、建築法制、情報システム技術等の合計6部門で集会が行われた。

学術講演の発表は、総合科学部、学校教育学部、生物生産学部、工学部、理学部、法学・経済学部の合計6学部の会場で行われた。その内、構造部門の発表は、総合科学部の東講義棟と南講義棟で行われた。

大会期間中は9月にしては気温も高かったが、大学のキャンパスが東広島市の盆地状のところにあるため風があまり吹かず、3日間とも朝から大変蒸し暑い状態が続いた。しかしながら、免震に関する発表会場であった「東講義棟K204室」には終日大勢の人たちが集まり、着席できずに立ったままの状態でも聴講される人も多数出るほどで、免震構造の研究に対する関心の高さが窺えた。

ちなみに、発表会場について大会主催者の方に話を聞いたところ、「総合科学部は、現在、教室にエアコンの取り付け工事を順次進めているところで、部門順に教室を割り当てた際に、免震に関する発表会場は、あいにくエアコンがまだ作動していない幾分狭い教室となってしまった。」とのことであった。

今年度の免震に関係する発表は、以下のように合計156題で、昨年の133題から約17%増と大変多かった。講演発表は2日半に及んだが、3日間とも活発な質疑討論が行われた。

免震の主会場でのセッションごとの発表題数は以下のとおりであった。

### ◎構造部門

- ・免震部材（積層ゴム）：22題
- ・免震部材（ダンパー）：12題
- ・免震部材（すべり・その他）：12題
- ・免震地震観測：8題
- ・免震応答解析：12題
- ・上下応答・地盤連成：10題
- ・免震住宅：23題
- ・免耐構法：11題
- ・高層免震：10題
- ・設計例・観測：9題
- ・免震床・振動特性：6題

小計：135題

また、別の会場で以下のような免震に関する発表も行われた。

### ◎構造部門

- ・相互作用：3題  
「土の非線形性を考慮した相互作用解析を用いて、免震建物の動的特性を検討した論文」
- ・パッシブ制振（震）：2題  
「中間階に免震層を持つ構造物をパッシブ型の制振（震）構造物として捉えて、建物全体の動的特性を検討した論文」
- ・原子力プラント免震設計・ISI：12題  
「免震型原子炉建屋、またはFBR免震設計に関する論文等」

### ◎環境工学

- ・固体音：4題  
「地下鉄道に近接する免震建物の振動伝搬特性に関する論文」

また、今までの免震構造に関する研究論文とは多少趣が異なるが、「基礎構造」のセッションで、「ゴム体を用いることにより杭基礎の耐震性能を改善しようとする論文」が3題発表された。

ここ数ヶ月の間にトルコに続き台湾でも大地震が発生した。

トルコにおいては、我が国では前例のない長周期の大震動が観測された、と建築学会に引き続き広島大学で開催された土木学会で報告された。

台湾においては、柱のせん断補強筋の少なさ等が指摘されている。

ここ数年は、世界的に見ても地震が発生をすることを住民が忘れていたかのような地域で大地震が発生している。時間的にはロングスパンだが繰り返し発生する地震に対しての恐ろしさが再認識されている今、より安全な構造物としての免震構造が更に採用されていくものと思われる。そのためにも、材料、部材、設計、施工すべてにおいて、更なる調査・研究・開発が行われ、より適正な免震構造の普及が計られることを望みたい。

また、今年度の学会大会においても免震戸建住宅に関する研究発表が多かったが、(財)日本建築センターにおいては、今年9月より、免震構造を採用した戸建住宅に対して、現在はいくつかの基本要件があるものの、「システム評定」という形で審査が受けられるようになった。行政的にも免震構造物の

普及に関して、少しずつではあるが前進してきていると思われる。

そのような情勢の中で、来年度の学会大会は東北支部の担当となり、9月8日（金）～10日（日）の日程で、日本大学（福島県郡山市）で開催が予定されている。

来年度は、今年度にも増して幅広くかつ詳細な研究・開発が行われ、更なる免震建築の発展と普及に寄与されることを望みたい。

（加藤 巨邦）

専科講習会

「軟弱地盤に建つ免震建物の設計を考える」質疑応答集

技術委員会

日時：平成11年5月19日 13:30～16:30（第1回）

平成11年6月23日 13:30～16:30（第2回）

場所：シニアワーク東京

司会：中山 光男（鴻池組）

講師：福武 毅芳（清水建設）

世良 信次（免制震デバイス）

上河内宏文（日建ハウジングシステム）

橋本 康則（大林組）

記録：菊地 優（清水建設）

プログラム

- |                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1. 趣旨説明                           | 菊地 優                    |
| 2. 軟弱地盤・液状化地盤の応答と<br>免震構造物の相互作用解析 | 福武 毅芳                   |
| 3. 設計例の紹介                         | 世良 信次<br>上河内宏文<br>橋本 康則 |
| 4. 質疑応答・討論                        | 中山 光男                   |

質問をQ、回答をAと区別し、回答には発言者氏名を併記しました。

第1回 平成11年5月19日 13:30～16:30 開催

Q：世良さんの紹介例では、連成系の解析において横浜基盤波を入力していない。南関東地震と横浜基盤波では扱いが異なるのか？

A（世良）：どちらの波が設計により厳しいか、またより現実的かということを最初に判断して入力動を選択したため、両地震動を同じ条件では解析していない。横浜基盤波は予備解析で用いた。自由地盤での応答を求め、それを連成系ではないモデル（基礎固定モデル）に入力した。横浜基盤波は長周期成分が割と少なく、建築センターでもそのことについて指摘されたことから、長周期成分が多い地震動の検討を行う必要性が生じ、南関東地震を用いることとなった。長周期成分は10秒までは落とさなかった。応答スペクトルで両者を比較し、免震構造ということを考えて、速度レベルの大きい、かつ長周期成分の多い南関東地震を連成系への入力として選択した。

Q：南関東地震を基礎固定モデルへ入力すると、より厳しい結果になると予想されるが、そのような検討は行わなかったのか？

A（世良）：連成系モデルによる解析を行った目的は、実際により近い性状を再現する意味で地盤の動的な挙動がどのように建物へ影響するかということの詳細に評価するためである。その意味で連成系モデルで用いた地震波を、再度自由地盤での応答を求めて基礎固定モデルに入れる

というのは意味がないと考えた。

Q：連成系での解析は照査という位置づけなのか？

A（世良）：連成系モデルによって得られた結果が実際に起りうると考え、照査で終わることなく設計に反映させた。

Q：地盤のモデル化にあたって留意する点について教えて頂きたい。

A（福武）：有効応力解析手法によって、時刻歴での非線形特性（逐次非線形）、水圧上昇による時々刻々の軟化現象を追うべきである。SHAKEのように等価線形化によって地盤の非線形性が考慮されていると言っても、所詮、線形解析である。 $\gamma_{max}$ の65%を有効ひずみと定義しG- $\gamma$ 、h- $\gamma$ 関係を参照して線形解析を行うだけである。実際には、免震部材も地盤も履歴ループを描き、接線剛性は時々刻々と変化する。有効応力解析が行えないとしても、例えばR-Oモデルなどを用いれば時々刻々の接線剛性の変化を表現した解析ができる。水圧の影響が考慮できればなお良い。また、液状化すると杭の周りの地盤は非常に複雑な動きをすることから、3次元解析が望ましい。2次元では杭が壁のようになってしまう。2次元と3次元との結果を比較すると、2次元では杭の応力が3割くらい大きいという結果も得られている。

Q：SHAKEを用いる場合の留意点と適用限界について教えて頂きたい。

A (福武) : いろいろな波で解析してみることで、波の性質、すなわち衝撃型か振動型かによって有効ひずみの係数0.65を変えること、また液状化を考慮して $G-\gamma$ 、 $h-\gamma$ を変えることをやってみると良い。 $\gamma > 1\%$ では等価線形化手法の信頼性が落ちるので、ひずみが1%を超えていないことを確認した方が良い。最近、SHAKEは周波数依存性の減衰や規定される等価ひずみから周波数ごとに等価剛性と等価減衰定数を与えて重ね合わせるなどの改良がされている。

Q : 地盤の卓越周期はひずみが増大すると長くなるが、レベル1でのピークとレベル2でのピークとの関連性はあるか？例えば、BCJ-L2では長周期領域がフラットなのでピークの移行はなく単にレベルの大小だけであるが、その他の波でレベル1でピークがあれば、それがレベル2でどの程度伸びるのかという当たりをつけたい。

A (福武) : シルトとか粘土など、水圧上昇による軟化があまり顕著でない場合には当たりをつけられるが、緩い砂地盤では極端に剛性低下するので、SHAKEで当たりをつけるのは難しい。建築センター波の長周期領域がフラットであっても、それを基盤に入力すると地盤の増幅特性によって地表面や杭付近では周期のフラットな特性はくずれている。配付資料で示した解析結果によれば、液状化すると2~3秒くらいの周期が卓越する、液状化せずに非線形化すると0.5~1秒くらいが卓越している。また、ここで示した結果は杭周辺のもので、自由地盤の解析ではもっと長周期化する結果が得られるはずである。

Q : 福武さんの解析結果では軟弱地盤においても免震の有効性が示されているが、これが逆の結果になることは考えられないか？

A (福武) : ご質問の件は今後、追加検討しようとしている。今回の解析ケースでは全て免震が有効(杭応力が非免震に比べて低減されている)になった。しかし、軟弱層がさらに深い場合は免震の有効性が低減されると思われる。また、今回の解析条件は、全て水平成層地盤を想定しているが、不整形地盤では有効性は低減されるかもしれない。ここでは建築センター波を用いたが、例えば大阪では大阪盆地特有の表面波(卓越周期5秒くらい)を用いると免震でも応答はかなり増幅されるかもしれない。加えて、

3方向同時入力も検討する必要がある。

Q : ここで紹介された軟弱地盤に関する一連の検討は、免震構造特有な問題ではなく、耐震構造でもこのような検討は必要である。上部構造は設計せん断力を静的に加えることで設計が行われる。杭は上部構造からの慣性力と地盤の強制変形による応力下での設計が行われ、軟弱地盤ではかなり強固なものとなりコストアップになる。この場合、上部構造からの慣性力としては応答解析で得られたものを用いているのかについてお聞きしたい。また、免震の周期が4秒で限界だとすれば、軟弱地盤で周期が伸びすぎる場合には地盤改良も必要であると考えられる。地盤と免震の周期の差をどれくらいにすれば良いのか？

A (福武) : ここで紹介した解析例では、非免震に比べ免震の方が杭応力の低減などの点で有利な結果となったのでコストアップにはならない。周期に関しては地盤改良すれば地盤の卓越周期が短くなるので免震効果は一層期待できる。非常に長周期化して問題が生じる場合には、地盤改良は非常に有効である。これによって地盤の卓越周期は短くなり、地盤の変形も抑えられ相乗効果が期待できる。軟弱地盤において、免震と地盤改良を組み合わせることによって何も恐れるものはなくなると言える。ただし、地盤改良はコストがかかる。

Q : 杭応力に関して、上部構造からの慣性力による応力と地盤の強制変形による応力を比較するとどちらが支配的なのか？

A (福武) : 配布した解析結果に示すように杭頭の応力で比較すると、慣性力による影響が大きい。

A (橋本) : 紹介した2例のうち、1例では地盤改良(サンドコンパクション)を行い、もう一方はコストアップから地盤改良を行わなかった。確かに、兵庫県南部地震ではサンドコンパクションの効果が確認されたが、レベル2や安全余裕度検討レベルにおける地盤改良効果の確認がなかったため、地盤改良なしで設計した。地盤改良した例では、レベル1程度の地震時には液状化させないという意図があり、建物の規模もそれほど大きくなかったことから地盤改良を採用した。杭の設計については、レベル2の応答解

析結果ではなく設計用せん断力を用いている。レベル2または安全余裕度検討レベルまで液化しない地盤改良工法があるかという見極めは難しく、液化化対策工法の採用にあたっては、コストバランスが悩みどころである。

A (上河内) : 免震を提案すると同時に検討項目が増えて杭に補強が必要となり、また地盤改良も必要となるなど、免震では基礎構造がコストアップと言ったイメージがある。しかし、在来構法でも杭の設計では地盤の変形を考慮する必要はあり、免震によって慣性力が減る分確実に免震の方が有利になる。ただし、その低減分を設計に反映するかどうかは、設計者判断であるが、少なくとも安全側であることは確かである。

A (世良) : 紹介した設計例では、南関東地震を入力した連成解析により杭の応力をモニターし、それに対して断面設計を行った。最大で1400tfのせん断力が杭に入っており、そのうち慣性力が1200tf程度であった。最終的に杭の断面は先端部で決まった。杭先端1.5mくらいを支持地盤に飲み込ませており、その部分に大きな応力が発生していた。

Q : 液化化して地盤の卓越周期が3秒、免震建物の周期が4秒という場合には共振などの問題は無いのか？

A (福武) : 共振すること自体は問題である。液化化すれば周期が伸びて3秒程度にはなる。一方で振幅は小さくなるので、応答値は下がる。ここで紹介した解析例では、むしろ液化化しない粘土地盤の方が振幅が大きくなって応答値も上がった。

Q : ということは、軟弱地盤においても免震構造の設計は従来通りでよいのか？

A (福武) : ここで紹介した解析例(成層地盤で、表層から12mまで液化化する地盤)では、そういう結果になっている。ただし、この解析結果は限られた条件なので、これだけで全ての免震が従来通りの設計で良いとは言いきれない。

Q : 世良さんの紹介例では、かなり地盤が悪い。液化化の恐れのある範囲はどれくらいか？

A (世良) :  $F_L$ 値による判定では約GL-15mまで250Galで液化化すると判断されたため、18mまで鋼管を巻いた。また、側方流動に対する脆性破

壊の可能性も検討した。液化化地盤であっても大変形に免震部材が追従できるように径の大きなものを用いれば免震構造としての効果を十分期待できる。

Q : その場合の免震部材の限界変形をどう考えているか？

A (世良) : 軟弱地盤に対しては、出来るだけ変形性能を持たせること、周期を伸ばすために低弾性のゴムを使用することが効果的である。低弾性ゴムであれば、限界変形を400%以上考えても良いでしょう。

Q : 軟弱地盤での杭の設計では、鋼管巻きのように剛性を上げずに耐力を上げるのがいいのか？それとも杭径を大きくして剛性も耐力も上げるのが良いのか？

A (福武) : 具体的に計算で比較した例はないが、ご指摘の2通りの考えがあり、それぞれを主張する人がいる。どちらも成立性がある。

A (上河内) : 当初は鋼管巻きを計画しフーチング等の躯体を小さくすることでコストダウンもできると考えたが、最終的には杭径を大きくした。ある例では鋼管巻きの方が安くなったこともあるが、今回は杭径を大きくした方がコストが安くなった。

A (世良) : 一般に液化化地盤では、表層部分の地盤が杭の動きより大きく動くと考えられる。先ほど、福武さんの説明にあったように杭の周りを3次元的に解くと、地盤が複雑な動きをしている。地盤の動きが杭の動きとかなり違いがあるという認識が必要である。ただし、解析的に全てが追えるという訳ではなく、多少、地盤の動きが予想より大きくなるかもしれないと想定し、剛な杭で抵抗し予想以上の外力を受けるより地表の動きに杭が追従できるように杭径の小さなスリムな鋼管巻きの杭を選択した。

A (福武) : 先ほど、どちらも成立性があると言ったが、それは在来構造の話であり、免震構造に限ればあまり径の小さいスリムな柔らかい杭にすると基礎が長周期化して危ないかもしれない。ある程度強固な基礎を造らないと、ただ軟弱地盤の上に乗っている状態と同じになる。基礎に残留変形が生じると免震部材にとっても致命的かもしれない。

A (橋本) : 紹介した設計例では、周波数領域での

解析を行った結果、地盤の変形がかなり出ている。杭にとって、通常の地盤は反力側になっているが、軟弱地盤のように大きな変形が出る場合には地盤は加力側になる。強制変形を受けると杭の剛性を上げるほど大きな応力が杭に生じる。新潟の例は、RC造10層のマンションであり軸力が大きかったことから、場所打ちコンクリート杭でなければ対応できなかったが、必要鉄筋量を配筋できる範囲で杭径を落とした。鳥取の例では、場所打ち杭で杭径を上げると応力が大きくなり、さらに杭径を上げる必要が生じた。極端に言えば解が求まらなくなる訳であり、コストアップにもなることから、ここでは鋼管杭を採用した。

Q：液状化層の変形をどのように求めているのか？  
また、液状化層の物性値（例えば、剛性低下など）をどのように設定しているのか？

A（世良）：液状化した場合には地盤の水平反力係数を10分の1とし、初期剛性を低下させた。非線形性については、通常のR-Oモデルではひずみレベルが大きくなるとせん断剛性も増加するので、液状化による流動的狀態が表現できるような履歴モデルを採用した。

## 第2回 平成11年6月23日 13:30~16:30 開催

Q：福武さんの解析例において深層混合処理による地盤改良体部分の負担せん断力分を教えてください。

A（福武）： $q_u$ （1軸圧縮強度）は $200\text{tf}/\text{m}^2$ を設定した。FEMの解析結果を見ると、せん断応力は破壊強度に対して $1/3$ くらいであり余裕があったが、設計で用いる許容せん断強度に対しては非常に近い値であった。よって、もう少し改良面積を増やす必要があると判断した。

Q：液状化した後の復元力をどのようにモデル化したのか？R-Oモデルを使う限り、どこまでも耐力が上昇するはずであるが？

A（福武）：通常のR-Oモデルでは、ご指摘の通りせん断ひずみがいくら大きくなってもせん断応力は上昇する。液状化解析ではこれに加えて水圧上昇による軟化の影響が入るので、最初は紡錘形の履歴ループであるが、R-Oモデルのパラ

メータが水圧によって変化するため、せん断応力は小さくなり、またサイスミックモビリティが生じれば逆S字型になる。

Q：そのモデルと実験結果との対応はどうなっているのか？

A（福武）：密な砂において繰り返し回数20回くらいの実験結果（応力-ひずみ関係や有効応力経路）との比較を行い、解析結果と良い対応が得られている（OHPで図示）。密な砂では2%程度、緩い砂では10%程度のひずみが生じる。密な砂は液状化といっても液体のようにはなっていない。密な砂の液状化の定義はひずみで定義し、両振幅で3~4%程度のひずみで液状化したと判定する。過剰間隙水圧では95%程度である。一方、緩い砂では液状化すると初期剛性の $1/1000$ くらいの剛性となり、履歴ループは逆S字型にもならない。このような挙動は本モデルで再現できている。しかし、本解析手法では完全な液体の狀態は解けない。側方流動の場合は、液状化して剛性低下した後、せん断剛性がほとんど無い狀態で液体的に一方方向にひずみが増大し暫くしてから剛性が回復する。このような狀態を考慮した構成式もあるが、本解析手法ではそこまではモデル化されていない。

Q：杭の設計をする際に、杭の外力をどのように考えたのか？

A（世良）：予備解析で杭に入ってくる上部からのせん断力と基礎部分に作用するせん断力を加算したものを杭の外力とし仮定断面を決定した。続いて、連成系解析により杭の応力（モーメントとせん断力）を求めた。最初の仮定外力による応力との比較を行い、連成系の解の方が大きな応力となり、地中梁のサイズアップ、杭の鉄筋量を割り増すことで設計を終えた。

A（上河内）：自由地盤の応答解析結果を参照して、地下震度を0.2と設定した。上部から来る慣性力は応答結果を参照し、杭に生じる変形量は自由地盤の変形量の最大値とした。

A（橋本）：基本的に静的解析で杭断面をチェックした。上部からのせん断力についてはレベル2応答を包絡するような設計用せん断力を設定し、地盤の変形はSHAKEでレベル2の地盤の変形を求めて応答変位法によって応力を求め、短期許容応力度でチェックした。最後に、安全余裕

度検討レベルにおいて地盤連成系による解析で杭の安全性を確認した。

Q: 位相の問題についてお聞きしたい。免震の周期が4秒であり、液状化した地盤の卓越周期が2~3秒であるとする、位相が合って応答が大きくなることはないのか?

A (福武): 今回は位相という観点では解析結果を見ていない。直接的な情報にはならないかもしれないが、紹介した解析例では、BCJ-L1を入力した場合、杭応力の最大値の発生時刻は非免震で23秒くらい、免震で7秒くらいである。すなわち、液状化した直後に最大値が生じるのか、液状化して暫くしてから最大値が生じるのかと言った違いはある。非免震の方が液状化が十分に進んでから最大値が生じるようである。

Q: それに関連した質問であるが、免震の周期は変形が伸びた場合4~4.5秒くらいになるのに対して、液状化した地盤はどれくらいの周期になるのか

A (福武): 本解析ではせん断ひずみ100%で3.5秒という周期の免震部材を想定しており、解析結果では液状化した地盤の卓越周期が2~3秒となった。もう少し地盤の周期が伸びると、ちょうど免震の周期に合うことになるが、液状化すると同時に振幅は非常に小さくなるので応答値が大きくなることにはならない。

Q: 上河内さんの設計例で軟弱地盤で設計するとき周期を4秒以上になるように設定する必要があると言われたが、周期4秒の具体的な定義、およびその周期特性と軟弱地盤との関係についてお聞きしたい。

A (上河内): 周期の定義については、アイソレータのみの周期である。この周期で4秒以上を考えた。経験的に軟弱層が30mくらいなら地盤の卓越周期が3秒以下に収まるであろうと考え、この周期領域を避けて4秒を考えた。

Q: 積層ゴムがいくら柔らかくても、実際にはダンパーと組み合わせた周期で振動する。そのような定義によれば、極端な場合、すべり支承では周期が無限大になってしまう。実際の復元力特性はダンパーと組み合わせられ、もっと短い周期となる。アイソレータのみの周期の定義と耐震安全性に関係があるのか? アイソレータのみの剛性で免震の周期を定義しても、実際には定義

された周期で振動していない系に対して物理的に意味があるのか疑問である。

A (上河内): 目標周期ということで、そのような定義を用いた。確かに履歴型のダンパーと組み合わせられることにより、なかなか実際の周期は決めにくいところがある。

Q: 軟弱地盤に免震建物を建てる際に、免震であるがゆえにコストアップしたところ、逆に合理化できた、あるいは楽に設計できたところがあれば教えて頂きたい。

A (世良): 設計に必要な資料を収集するところから、従来の設計よりも配慮しなければならない点が多かった。また、変形性能を有する免震部材を設計する必要があった。しっかりした基礎と変形性能の大きな免震部材があれば、軟弱地盤でも高い耐震安全性は確保されると考えられるが、特に設計で楽になる点はなかった。

A (上河内): 免震構造では、杭にかかる上部構造からの慣性力は低減されるので、在来構造よりも杭のコストダウンが可能と考えられる。しかし、普通の確認申請で通すような建物の杭の設計では詳細な検討をしないことが多々あるので、結果的にはコストは同等レベルとなっている。

A (橋本): 現行の行政手続きをクリアするばよいという設計条件の下で答えれば、免震にしたがために杭の設計では応答変位法によって地盤の変形まで考えなければならなくなりコストアップとなった。在来構造でも地盤変形による杭の応力は同じであるから、免震構造を採用することによって上部構造からの慣性力は在来構造より確実に減っている。施主に対して自信をもって勧められるものを設計するという立場からは、免震に伴うコストアップはないと考えられる。

Q: 軟弱地盤に免震構造を設計する際に、地盤調査で最低限必要な項目、および最低限必要な解析について教えて頂きたい。

A (橋本): 地盤調査項目では最低限PS検層は必要であろう。それ以外の調査項目については、設計料との兼ね合いによる。建物規模が大きければ調査項目も増やせるであろうが、小さければ地盤調査だけで設計料を上回ることも考えられる。解析項目については、一般の設計者にとっては2次元の周波数領域での解析までであろう。

逐次非線形の時刻歴解析による3次元液状化解析ソフトが安く入手できればそれを用いることが望ましいのであろうが、解析に多くの時間を割くことは実務では難しい。実務では、数十分の解析時間でも堪え難いものがある。

A (上河内) : 軟弱地盤であれば、PS検層は必要であろう。東京都内のように地盤データが揃っているような地域であれば、省略も可能であろう。解析に関しては、設計者としてある程度自信をもって納得できるレベルであればよい。どの波を用いて設計するかということも重要である。長周期成分の落ちた波でいくら免震建物の設計しても意味はない。免震構造としての入力レベルが確保された波を用いて基礎固定モデルで設計してから、確認の意味で連成系モデルによる解析を行えばよいと思う。

A (世良) : 加えて、液状化レベルを調査する必要がある。液状化時と液状化しない時では地震動の特性が異なる。液状化がないと判断できれば、自由地盤の応答解析を行い、地表面応答波を基礎固定モデルに入力しても上部構造に与える影響に関しては連成系モデルとは大差はないであろう。液状化の有無と自由地盤の挙動調査は設計用地震動を最も左右する要因となる。

A (福武) : 不整形な地盤は複雑な挙動をするので、地盤の3次元的な構成を把握するためにボーリングの数をなるべく多くすることが望ましい。少なくとも2本は必要である。杭の支持層の下に再度柔らかい層が現れてくることがあるので、たとえ洪積粘土であっても、地震後に圧密沈下が本当にないのか心配である。免震建物は不同沈下に弱いので、支持層の下の物性もチェックする必要がある。傾斜地盤や付近に護岸があるような場合には側方流動の検討も必要である。解析に関しては、成層地盤ならばPenzien型モデルを用い、自由地盤の解析に有効応力(液状化)の概念が入っていれば設計レベルとしては十分である。周波数領域と時刻歴の解析手法については、周波数領域の解析では $G-\gamma, h-\gamma$  関係に現地調査結果を反映させても、解析は所詮、線形解析である。偶然、免震の周期から外れて共振しない場合も考えられる。実際には剛性は時々刻々変化する訳であり、FLUSH系では共振しないが、時刻歴の逐次非線形解析では地震終了時までには何度か共振するポイントがあるか

もしれない。2次元と3次元の扱いについては、今回紹介した3次元の解析では、約5万自由度もある大規模モデルとしたために、1ケース1~3日間くらいかかり、設計では実用的ではないかもしれない。ただし、最近はパソコン上で動く3次元の非線形解析プログラムが市販されているようである。2次元と3次元の解析結果の違いについて簡単に紹介すると、杭応力が2次元では平均化されてしまうので、局部的に大きな応力が生じる杭に関しては2次元は危険側の結果を与えてしまう。また、2次元では杭が壁のようになり3次元より地盤が自由に動けないため、2次元の方が液状化領域を少なめに評価してしまう。解析プログラムの購入に際しては、液状化曲線が適切に評価できるもの、パラメータの入力が容易なものが望ましい。

Q : 軟弱地盤における上下動に関してコメントを頂きたい。

A (世良) : 先に紹介した解析例では、連成系モデルにおいて水平動と同時に作成された上下動を杭先端から入力して解析を行った。地盤の変形によって杭頭部の変形も大きくなり、さらに上下動による付加曲げモーメントも考慮する必要があるが、今回はそれほど大きな付加曲げモーメントは生じなかった。

A (上河内) : 今回紹介した例では、建築学会の免震構造設計指針を参考に鉛直震度0.33で設計を行った。応答解析では、梁、床スラブの剛性の考慮の有無によって応答値に大きな差が生じ、ばらつきが大きい。

A (橋本) : 通常の地盤(2種地盤程度)と軟弱地盤とで上下動に対する応答性状の相違について明確な知見が得られなかった。よって、軟弱地盤だからといって特別な検討は行っていない。

Q : 今日のテーマは軟弱地盤で免震建物をどのように考えるかということだと考えていたが、液状化とか杭の問題がメインであり、主旨が異なるのではないか?

A (中山) : 今回の講習会では、軟弱地盤での免震建物の設計上の問題点を具体的に挙げてみた。軟弱地盤に対して実務設計者の方々に苦労されている点について紹介して頂き、ディスカッションすることが本講習会の主旨である。



# 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565～免683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・賛助会員専用ページ)。  
 間違いがございましたらお手数ですがFAXまたはe-mailにて事務局までお知らせください。  
 また、より一層の充実を図るため、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いたします。

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	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)	用途		
629	免565	1998/9/25	三菱倉庫(株)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	鹿島建設	RC	8	1	1,105	9,548	34.47	34.97	事務所	愛知県名古屋市長久寺	高減衰
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	長谷工コーポレーション	RC	11	—	781	5,821	32.55	34.05	共同住宅	神奈川県横浜須賀	天然ゴム鋼棒
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	長谷工コーポレーション	RC	11	—	814	6,359	31.66	33.16	共同住宅	神奈川県横浜須賀	天然ゴム鋼棒
632	免567	1998/9/25	岡田マンション新築工事	長谷川絏都市建築研究室	総研設計	未定	RC	3	—	253	578	8.64	9.95	共同住宅	東京都台東区	球面滑り支承
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	佐野建築研究所	織本匠構造設計研究所	未定	RC	7	2	2,933	16,019	29.20	29.77	学校	東京都世田谷区	LRB 弾性滑り支承
634	免569	1998/9/25	原町赤十字病院	山下設計	山下設計	未定	RC	8	1	2,482	14,542	30.00	35.35	病院	群馬県吾妻郡	天然ゴム鋼棒鉛
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	山下設計	未定	RC	6	1	4,447	21,598	27.90	36.90	病院	和歌山県新宮市	LRB
636	免571	1998/9/25	まつの屋ビル新築工事	日建設計	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	日建設計	未定	RC	2	—	1,162	2,237	12.15	12.60	美術館	鳥取県松江市	天然ゴム鋼棒
638	免573	1998/10/23	甲府共立病院建て替え工事	中央設計	中央設計	未定	RC	10	1	1,372	12,615	37.80	46.60	病院	山梨県甲府市	高減衰
639	免574	1998/10/23	ロージュ道後	シャトー企画設計事務所	シャトー企画設計事務所 フジタ	未定	RC	15	—	303	3,609	42.24	51.24	共同住宅(分譲)	愛媛県松山市	LRB 天然ゴム
640	免575	1998/10/23	東邦ガス(株)知多緑浜工場管理センター計算機室棟	青島設計	青島設計	未定	PC RC	3	—	545	1,636	15.10	16.30	工場(事務所)	愛知県知多市	天然ゴム鋼棒鉛
641	免576	1998/10/23	苑田第一病院新築工事	五洋建設	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)小田急コアラード座間新築工事	鹿島建設	鹿島建設	鹿島建設	RC	14	—	695	4,508	40.4	45.18	共同住宅	神奈川県座間市	LRB オイル すべり支承
643	免578	1998/10/23	吉野ビル新築工事	吉田工務店	吉田工務店 鹿島建設	吉田工務店	S	3	—	153	411	9.60	9.95	事務所 併用住宅	栃木県宇都宮市	ベアリング 支承 オイル
644	免579	1998/10/23	(仮称)第4吉田ビル新築工事	熊谷組	熊谷組	熊谷組	RC	5	—	340	1,181	14.50	14.99	共同住宅	千葉県千葉市	LRB
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	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	中山構造研究所 日本免震研究センター (協力:福岡大学 高山研究室)	未定	RC	6	—	172	932	18.80	25.00	共同住宅・事務所	東京都千代田区	天然ゴム鉛
647	免582	1998/10/23	第一製薬(株)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	清水建設	SRC S	7	—	—	10,378	33.60	—	—	東京都江戸川区	—

No.	BCJ	完了年月	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建築物概要				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)			用途
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・ティファシリティーズ	エヌ・ティ・ティファシリティーズ	未定	RC	6	—	1,047	5,284	25.50	30.10	事務所	静岡県静岡市	LRB 弾性制震ゾム
649	免584	1998/10/23	労働福祉事業団東京労災病院	日本設計	日本設計	未定	RC(一部梁PC)	7	1	4,975	25,702	29.80	39.80	病院	東京都大田区	LRB 天然ゴム
650	免585	1998/10/23	富士吉田市新市立病院	日建設計	日建設計	未定	RC	5	1	6,255	21,999	26.80	31.30	病院	山梨県富士吉田市	LRB 弾性制震ゾム
651	免586	1998/11/20	株式会社酒工社KOC第1期工事	フジタ	フジタ	フジタ	RC	7	—	3,025	17,395	32.00	36.80	工場	茨城県笠間市	LRB
652	免587	1998/11/20	真宗大谷派林光寺庫裡免震化工事		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	(仮称)サンクルーズ新築工事	新建設計	アーキテクノ研究所	未定	RC	4	—	824	2,293	10.30	10.40	共同住宅	埼玉県川越市	高減衰 天然ゴム すべり支承
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	大林組	未定	RC	5	—	405	1,840	20.80	21.50	計算センター	大阪府吹田市	LRB
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	大成建設	RC	4	1	597	3,061	15.90	17.13	大学	千葉県船橋市	弾性制震 高減衰 天然ゴム
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	日建設計	未定	SRC(一部梁S)	6	—	2,050	9,806	29.60	37.60	電算センター	富山県富山市	LRB
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+レンガ造	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(一部はり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・九段宿舎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 ブリヂストン 日本システム設計	一条工務店	在来木造軸組構法	2	—		165	6.90			静岡県浜松市	
667	免602	1998/12/18	(仮称)フリーベ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	
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	
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	

No.	BCJ	完了年月	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建築物概要				建設地	免震部材
										建築面積(㎡)	延べ床面積(㎡)	軒高(m)	最高高さ(m)		
670	免605	1998/12/18	NTT DoCoMo 岐阜ビル(仮称) 新築工事		エヌ・ティ・ ティファシリ ティーズ	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	熊谷組	RC	15	1		4,678	46.00		東京都 港区	
673	免608	1998/12/18	海老名東柏ヶ谷 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	海老名東柏ヶ谷 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) 新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	
676	免610	1998/12/18	更生病院 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) バプリデンス 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) バプリデンス 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) バプリデンス 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) バプリデンス 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 世田谷区	
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 ティセンター新築工事		エヌ・ティ・ ティファシリ ティーズ	未定	RC (一部 PC)	5	—		3,479	25.70		兵庫県 穴栗郡	
684	免615	1999/11/22	(仮称) 仙台市 休日夜間急患センター		U構造設 小堀輝二研究所	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 PC)	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 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 大林組	大林・大木・ コーナンJV	RC (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	

No.	BCJ	完了年月	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建築物概要				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)		
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		愛知県名古屋市	
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 オイレス工業	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		川口衛構造設計事務所	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	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	
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 大成建設	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	未定	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	東京家政大学附属中高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 熊谷組	和建設	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・ティファシリティーズ	未定	RC	11	—		5,299	32.20		島根県松江市	
713	免643	1999/4/23	(仮称)NICCE UR BAN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	

No.	BCJ	完了年月	件名	一般設計者	構造設計者	施工者	構造	階	地下	建築物概要					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)	用途		
714	免644	1999/4/23	パークシティ横濱星川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	
715	免645	1999/5/21	旧県庁舎本館玄関部分曳家・補強工事		日本設計	未定	RC	3	—		935	16.10			鹿児島県鹿児島市	
716	免646	1999/5/21	高橋和夫邸新築工事		住友建設	スベリオホーム住友建設	S	3	—		395	9.60			埼玉県川口市	
717	免647	1999/5/21	東京都文京区本郷小学校改築工事		構造計画研究所	未定	RC(一部SRC)	5	2		9,267	21.70			東京都文京区	
718	免648	1999/5/21	シティコーポ春田新築その他工事		安藤建設	安藤建設	RC	14	—		20,622	41.70			愛知県名古屋市	
719	免649	1999/5/21	河芸町庁舎・防災センター建設工事		日本設計	未定	SRC(一部S)	5	—		4,955	21.20			三重県安芸郡	
720	免650	1999/5/21	エスピーエスマイホームセンター静岡展示場(住宅展示場)		川崎工務店総研設計	川崎工務店	W(在来軸組)	3	—		249	9.00			静岡県清水市	
721	免651	1999/5/21	新システム開発評価センター庁舎新築工事		運輸省航空局安井建築設計事務所	未定	RC	3	—		9,388	15.30			大阪市池田区	
722	免652	1999/5/21	(仮称)靖国神社教職舎新築工事		三菱地所	清水建設フジタ	RC	9	—		2,954	28.10			東京都千代田区	
723	免653	1999/5/21	(仮称)ロイネットホテル仙台新築工事		大和ハウス工業免震エンジニアリング	大和ハウス工業	S	10	—		8,364	30.90			宮城県仙台市	
724	免654	1999/5/21	(仮称)アーデルハイム高井戸南新築工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	14	—		5,242	40.80			東京都杉並区	
725	免655	1999/6/25	(仮称)東京社会保険医療福祉センター新築工事		伊藤喜三郎建築研究所	未定	RC	7	1		27,945	32.6			東京都北区	
726	免656	1999/6/25	大船駅北第一地区第一種市街地再開発事業		日建ハウジングシステム	未定	RC	11	1		16,332	35.30			神奈川県横浜市	
727	免657	1999/6/25	NTT DoCoMo 徳島ビル(仮称)新築工事		エヌ・ティ・ティファシリティーズダイナミックデザイン(免震構造設計協力)	未定	SRC(一部S)	6	—		4,812	25.30			徳島県徳島市	
728	免658	1999/6/25	岩倉建設本店社屋新築工事		岩倉建設総研設計	岩倉建設	RC	4	—		1,494	14.80			北海道苫小牧市	
729	免659	1999/6/25	(仮称)成人病センター改築第1期工事		東畑建築設計事務所	未定	SRC(一部S)	12	1		57,671(第1期工事33,920)	52.30			滋賀県守山市	
730	免660	1999/6/25	(仮称)大森マンション新築工事		太平工業大成建設	太平工業	RC	10	—		3814	29.50			千葉県	
731	免661	1999/6/25	全労済千葉県本部会館新築工事		エヌ・ティ・ティファシリティーズ	未定	SRC(一部S)	7	—		2,841	31.50			千葉県千葉市	
732	免662	1999/6/25	高橋 英教邸新築工事		一条工務店ブリヂストン日本システム設計	一条工務店	W(在来軸組)	2	—		125	6.90			愛知県宝飯郡	
733	免663	1999/6/25	国民健康保険坂下病院		山下設計	未定	RC(一部SRC)	4	—		13,681	17.00			岐阜県恵那郡	
734	免664	1999/7/30	鹿島テラハウス南長崎3号棟免震改修工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	5	—		1,514	13.70			東京都豊島区	
735	免665	1999/7/30	(仮称)レクセルマンション亀有		日建ハウジングシステム	未定	RC	14	—		13,400	43.70			東京都葛飾区	

No.	BCJ	完了年月	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)		
736	免666	1999/7/30	北浦和一丁目地区第一種市街地再開発事業施設建築物新築工事		タカ都市科学研究所 緑本匠構造設計研究所	未定	RC	13	2		13,831	45.40		埼玉県浦和市	
737	免667	1999/7/30	センチュリー武蔵野市新築工事		富士工	富士工	RC	9	—		5,927	25.20		東京都昭島市	
738	免668	1999/7/30	地球シミュレータ施設建設工事シミュレータ棟		日建設計	未定	S	2	—		6,363	15.80		神奈川県横浜市	
739	免669	1999/7/30	(仮称) コープ西国立新築工事A棟		浅沼組	浅沼組	RC	14	—		10,953	41.10		立川市	
740	免669	1999/7/30	(仮称) コープ西国立新築工事B棟		浅沼組	浅沼組	RC	14	—		11,079	41.10		立川市	
741	免670	1999/7/30	次世代構造住宅開発事業実験棟		竹中工務店	竹中工務店	RC	3	—		1,254	11.10		愛知県瀬戸市	
742	免671	1999/7/30	村上市庁舎免震改修工事		鹿島建設	鹿島建設	RC	5	—		6,901	18.80		新潟県村上市	
743	免672	1999/7/30	「システムプラザ磯子」2号館新築工事		鹿島建設	鹿島建設	PC	7	—		9,242	30.30		神奈川県横浜市	
744	免673	1999/7/30	(仮称) 印西東消防署新築工事		住宅・都市整備公団 千葉地域支社千葉ニュータウン事業本部 東京建築研究所	未定	S・SRC (一部RC)	3	—		2,497	11.00		千葉県印西市	
745	免674	1999/7/30	星薬科大学新館(仮称)建設工事		日建設計	未定	RC (一部PRC)	7	1		16,968	29.10		東京都品川区	
746	免675	1999/7/30	コンフォートパティオ熊谷東新築工事		大日本土木	江田組	RC	8	1		7,649	22.90		埼玉県熊谷市	
747	免676	1999/7/30	(仮称) 阪急茨木学園町集合住宅建設工事(第3期4番館)		鹿島建設	鹿島建設	RC	11	—		20,842	31.70		大阪府茨木市	
748	免676	1999/7/30	(仮称) 阪急茨木学園町集合住宅建設工事(第3期5番館)		鹿島建設	鹿島建設	RC	12	—			34.50		大阪府茨木市	
749	免676	1999/7/30	(仮称) 阪急茨木学園町集合住宅建設工事(第3期6番館)		鹿島建設	鹿島建設	RC	9	—			25.90		大阪府茨木市	
750	免677	1999/7/30	東計電算アウトソーシングセンター新築工事		創建設計 免震エンジニアリング	未定	RC	4	—		3,491	15.20		神奈川県川崎市	
751	免678	1999/7/30	東海大学医学部付属八王子病院		山下設計	未定	RC	10	—		37,543	45.90		東京都八王子市	
752	免679	1999/7/30	三輪秀夫邸新築工事		一条工務店 ブリヂストン 日本システム設計	一条工務店	W (在来W軸組)	2	—		128	6.90		埼玉県本庄市	
753	免680	1999/7/30	㈱サカエ島田営業所社屋新築工事		中村建設 創建設計	中村建設	S	2	—		179	7.60		静岡県島田市	
754	免681	1999/7/30	神戸市北消防署		神戸市住宅局 営繕部工務課 浪速設計 ダイナミックデザイン	未定	RC	4	—		3,011	14.10		兵庫県神戸市	
755	免682	1999/7/30	千葉市立病院改築工事		千葉市都市局 建築部営繕課 久米設計	未定	SRC (一部RC)	5	1		23,895	23.20		千葉県千葉市	
756	免683	1999/7/30	(仮称) 三番町プロジェクト		東急設計 コンサルタント	未定	上部S 下部RC	11	1		13,790	42.50		東京都千代田区	

技術委員会 ————— 委員長 和田 章

東京にだけ目を向けていると大正12年の関東大地震の後、大きな被害をもたらすような地震は起きていないが、関東全域まで目を広げると南海地震、北陸を含めると福井地震・新潟地震、東北には十勝沖地震・宮城県沖地震があり、本州全体に広げると5年前の兵庫県南部地震が思い出される。日本全体で見ると大分県中部地震、北海道東方沖地震などがあるから、我が国は10年以下のサイクルで地震災害を受けていることになる。この目をアジアに広げ、さらに環太平洋地震帯に属するアメリカおよび南米まで含め、ヨーロッパのルーマニア、イタリア、ギリシャ、トルコなど、世界にまで目を広げると毎年のように地球上で地震災害は起きていることがわかる。今年の夏は続けて大きな地震災害が起き、我が国の耐震関係者も身を引き締めたことと思う。9月21日に起きた台湾地震はフィリピンプレートとユーラシアプレートのぶつかり合いで生じたと言われるが、台湾の地形を見るとこの説明はすぐに納得できる。数十億年の長い期間の間に同じようなことは何度も起き、現在の地形が出来たことになる。地震の発生を確率論に載せて説明することがあるが、起きる場所、日時は特定できないものの、必ず大地震は起きるものと考えて、建築構造物土木構造物の設計を行うほうが分かりやすい。建築基準法が改正され、免震構造の行政的な扱いにも変化が起きようとしている。建築構造物の設計をその性能にもとづいて行おうとする動きもある。建物の持ち主、居住者にとっての耐震性能は揺れにかかわる加速度、速度、変位であり、構造物に生じる変形の大小がその損傷、つまり財産価値に関係する。

構造物に作用する力、それに対する抵抗力は構造設計者にとっては重要な評価軸であるが、一般の住人には直接感じることの出来ない物理量である。免震構造は従来の構造法に比べ、加速度、速度、構造物に生じる変形など、直接住む人々に関係する物理量を大きく低減できる構造法である。真の意味で、耐震性能を論じると結論は免震構造に行着く。技術委員会の活動は、これからますます多用されるであろう免震構造に関係して重要な事柄をこれからも扱うことになる。10月1日には、1年間の委員会活動の報告会を行い、小委員会、WGの間の情報交換を行った。

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21名）

性能評価表示指針作成のためのSWG活動は、以下の通りとなっています。

- 指針SWG…技術委員会中間報告にむけ、指針本文および解説（案）を作成。今後は「性能評価表示指針」として応答値の算出方法等についてさらに検討を加えて行く。
- 地震動SWG…性能評価に適した入力地震動を絞り込み、指針掲載に際しての表現方法等について検討した。
- 免震部材SWG…積層ゴムアイソレータWGとの合同会議を行い、積層ゴムの資料を、基本特性・性能ごとに整理した。性能評価SWGとの合同会議を行い、免震部材の限界状態（案）の大項目の調整を行った。
- 性能評価SWG…免震部材SWGと合同会議を開き、免震部材の限界状態の表現を見直すなど、免震関連項目について指針本文の調整を行った。

「入力地震動」WG（瀬尾主査、人見幹事他7名）

入力地震動WGでは、免震建物の設計実務において入力地震動をどのように考慮すべきかについて検討を行っている。その際の基本姿勢としては、地震動予測に関わる最近の調査研究の現状を踏まえつつ、免震建物の動的特性に相応しい合理的な入力地震動についての合意形成もしくはイメージの共有化を図ることを目的としている。ごく最近の活動としては、関東地震をターゲットとした東京臨海部での模擬地震動作成事例を基に、それらのばらつきの原因について考察を行うことによって、免震建物を対象とした各種の入力地震動作成手法について整理し、それらの利用上の留意点についての提示を行おうとしている。

「設計例」WG（平間主査、吉川幹事他9名）

ビルディングレターを基にした設計用資料の作成を終え、既評定建築物のアンケート結果を集計し、データをとりまとめている。また、来年施行される建築基準法による免震構造の計算方法について検証した。

「振動解析検証ソフト」WG（酒井主査、中村幹事他8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を完了し、本協会ホームページからの配布に向けて準備中。

- ・ 構造設計支援ソフト…次期開発ソフト「免震部材の配置設計支援システム」の仕様(案)を作成し、第1回技術報告会で発表した。

#### 免震部材小委員会——委員長 岩部直征

免震部材小委員会は、実験WG、積層ゴムアイソレータWG、ダンパーWG、設備設計WGの4つのWGで構成され、各WGが独立に活動し、約3ヶ月に一度主査、幹事会を開き、活動報告と各WGの調整を行ってきた。

- ・ 実験WGは高山主査・飯塚幹事他13名の委員で活動し、討議を続けて、協会として行うべき実験のしぼり込みを行い、4つの候補があがっている。
- ・ 積層ゴムアイソレータWGは松田主査・芳沢幹事他18名の委員で活動し、性能設計に対応した積層ゴムアイソレータの評価方法、特にモデル化手法、限界性能、品質管理等について検討中である。
- ・ ダンパーWGは辻田主査・原田幹事他18名の委員で活動し、現在使用されているダンパーを履歴型、粘性型、摩擦型に分類し、性能規定に対応した検討項目の検討を行っている。
- ・ 設備設計WGは保田主査・内田幹事他10名の委員で活動し、設備免震継手のみならず、エキスパンジョイント、免震クリアランスの設計等の指針を作っている。

尚、10月1日に各主査が技術報告会にて詳細を報告した。

#### 施工小委員会——委員長 原田直哉

施工小委員会では、「JSSI免震構造施工標準(仮称)」全10章の作成を進めている。免震部材の施工および、一般建築物にはない免震機能に関わる各部位の施工上の各ポイントの品質確保のための指針としてまとめている。主なポイントとしては、①免震部材の製作管理と受け入れ検査、②架設計画と水平拘束材、③免震部材の据え付け精度の確保、④下部ベースプレートの施工、⑤可動部と固定部の納まり、⑥施工時、竣工時検査と施工者の義務等を上げている。10月1日の第1回技術報告会梗概集に中間報告として、作成中の原稿を掲載した。管理値など詳細な項目については、まだ討議が必要である。今後、技術委員会各委員の意見等を含め、内容を詰めてゆきたいと考えている。

#### 教育普及小委員会——委員長 渡辺 厚

##### 1. 活動報告

7月29日に講習会「免震構造の実際」を実施しました。

今回は、東京建築事務所の中澤さんに設計例の紹介をお願いしました。12月には、「超高層免震」や「中間免震」を実際に設計した方を講師として招き、専門性の高い講習会を予定しています。

##### 2. 委員の交代、追加

新委員長：渡辺 厚(新日本製鉄、9月より)

新幹事：世良信次(免制振デバイス、9月より)

新委員：上河内宏文(日建ハウジングシステム、7月より) 前林 和彦(清水建設、7月より) 川口 晋(株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ、11月より)

#### 維持管理委員会——委員長 三浦義勝

##### 点検事業

これまでは、維持管理費用の見積もり依頼がほとんどでしたが、実施に進展する例が増えています。ほとんどが、役所関連の施設ですが、ようやく、協会の活動が認識されてきたのでしょうか、ここ数ヶ月はコンスタントに実施依頼がきています。この背景には、会員各社の推薦が大きな力となっています。反面、委員会と事務局の負担が増えています。

当面、維持管理委員会のメンバーの増強や、事業部会としての独立などを検討していますが、軌道に乗った時点で、早めに業者に一任して、協会は指導や管理を担当することを視野に入れています。

なお、点検業務の担当委員は、10月より、伊沢委員、大島委員、黒沢委員に代わりました。来年の3月までの任期です。

#### 規格化・標準化委員会——委員長 寺本隆幸

標準建築詳細WGが編者となる「免震建築の設計とディテール」は、当初の予定からは遅れましたが、年内刊行に向けて最終校正を行っています。

建築基準法の改定に合わせ、免震部材認定への動きがあります。当協会でも「技術基準」と「免震部材JSSI規格」をもって、部材認定への取り組みを進めるところです。現在「JSSI規格」には1997年6月に発行した6種の規格があり、「弾性すべり支承アイソレータの規格」についてもWG内審査を終えています。今回ダンパーメーカーより新規開発した製品についての規格作成の依頼があり、メーカー



からの資料提出を受けて規格化WGを再開します。

### 基盤整備委員会——委員長 西川一郎

これまで数回にわたり、当協会の財政基盤とそれに係わる基本活動案について討議を重ねてきた。

当協会の現状の収支バランスは収入のほとんどを会員会費に依存し、他方、支出のほぼ1/2を事務所賃借料および事務局の経費などの管理費に費やしており、これに各種活動に必要な事業経費を加えると収支的にぎりぎりの状態で、今後はこれまでの預貯金を切り崩さねばならない状況にきている。当協会の財政基盤を安定させるには、会費収入に頼る現状から各種事業に基づくある程度の収益を確保出来る状況に転換していく必要がでてきていると考える。

しかしながら当協会としてどのような収益事業が可能なのかは、現在進行中の建築基準法の改正とも係わって不透明な状況にある。従来行ってきた免震構造に関する教育、啓蒙を中心にした活動では当協会の安定した財政基盤を維持することは困難と考え、各会員企業ではできない外部団体への働きかけも含めた免震構造に係わる普及活動を積極的に推進していくとともに各種収益事業の実施を考えていきたい。企画、社会環境などの関連委員会と共同で、普及活動案および事業計画案作成し、理事会に提案し、具体的実施にもっていききたい。

### 企画委員会——委員長 中山光男

9月1日の第6回免震フォーラムは、テーマを「建築と免震」—その優位性を探るとして、

1) 建築計画、2) ライフサイクルコスト、3) リスクマネジメントと地震保険の観点から、主に建築家・クライアントを対象に開催され、講師に東京工業大学の青木義次教授、建設省建築研究所の緑川光正氏、日建設の谷崎績氏、大成建設の塚田康夫氏、EQEインターナショナル川合廣樹氏、損害保険料率算定会の坪川博彰氏がそれぞれ講演された。詳細は本誌の第6回免震フォーラム報告をご覧ください。なお、11月12日には煉瓦造で明治時代に建てられた「国立国会図書館支部上野図書館」の免震レトロフィットの現場見学会が予定されています。

現在は、基盤整備特別委員会と協同で、免震建築のより一層の普及を図るため、1) 社会環境からのアクセス、2) 商工会議所等他団体への啓蒙、3) 普及活動のためのツールの整備について検討中、また、今後協会が展開すべき事業、1) 部材・工場認

定、2) 免震建物に関する技術相談、3) 免震技術者の育成と資格制度等についてもあわせて協議中です。

### 基準等作成委員会——委員長 跡部義久

現在の「免震構造設計基準・同マニュアル」の性能設計指向型の見直しを行い、当会の設計基準として整備するべく活動を開始した。法第37条2号による免震材料を建設大臣の認定を取得して指定建築材料とするべく、JSSI規格をベースにして、免震部材の技術適合基準を作成開始した。今後はこれを基にして自主認定も行えるよう準備する。また施工に関する施工要領、特記仕様、積算要領等に対する要望も増えており、技術委員会・企画委員会等と共同して「施工標準」などの作成を企画している。

### 建築計画委員会——委員長 谷崎 績

「具体的な活動のイメージ作り」に向かって、当面は免震建築そのものの認識と免震建築を取り巻く環境について議論を広げている。

最近の議論の方向について

1. 免震建築そのものの認識、
  - 免震構造を採用する意味。
  - 免震構造の価値、メリットの正当な評価とコスト。
  - 上部構造の長寿命化と設計。機能更新のシステム。  
スクラップ&ビルドから、ロングライフビルへ。
2. 免震建築を取り巻く環境。
  - 法令、規則、基準等の整備と手続き業務の簡素化。
  - 部材の国際規格の要請  
粗悪部材の事故によるイメージダウンの回避。
  - 保険、税などの優遇処置。社会資産としての評価。
  - 構造の長寿命化とリニューアルの要請。
3. 社会へのアピールの検討
  - ディテール集改訂版に続くものは何か。
  - 各社のパンフレットその他。

### 戸建住宅委員会——委員長 中澤昭伸

健全な免震戸建て住宅の普及に必要な要因として、

- 保険制度・金融公庫の融資・税制・免震部材への補助金制度等の問題があげられる。その中で金融公庫の融資について、去る9月10日金融公庫において話を伺ったが、その内容は以下の通りである。

住宅に対する特別増額枠については地方公共団体が政策誘導すべき住宅における「住宅マスタープラン」として、地震、台風、降灰、濁水、洪水等の地域の気候、風土の特性を配慮し、地域特性の構法、技能等を生かした居住性の向上に資する住宅を「自然条件等対応型として①全体に係る場合、200万円、②一部に係る場合100万円を上乗せ融資することとしているが、免震住宅の場合は地震に対し、高耐震性能を有する住宅として上記①の200万円増資となっているが、現在のところ、免震住宅を増資の対象としている地方公共団体は、静岡、埼玉、愛知の3件のみで、他の地方公共団体は対象としておらず、関心が低いようである。当協会としても各地方公共団体への働きかけが必要であると考えます。また、金融公庫の免震住宅への融資に対して、耐震性については38条認定を受けており、問題なしとしているが、耐久性については十分な調査をした後、融資を行っている。社団法人日本免震構造協会として戸建て住宅用の認定免震部材としてまとめた資料があれば有効に活用できるという意見を戴き、今後検討していきたいと考えています。

### 国際委員会 ————— 委員長 可児長英

今年度は、基礎的な活動を行う予定で、9月より委員会が活動を開始しました。当面の項目を以下に記します。

1. 世界の地震国の免震構造設計基準や免震部材の規格の収集  
米国・ニュージーランド・イタリアなどの基準・規格
2. 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  
米国・ニュージーランド・イタリア・英国・韓国・中国などの免震構造および免震部材
3. ISOなどの国際基準の調査
4. 12WCEE 2000.01.30~02.04 に於けるNZの免震関係者とのミーティングの開催  
企画委員会と調整
5. 英文の協会リーフレットの作成（教育普及委員会と共同）
6. 国際フォーラムの実施  
SEWCと関連させて計画
7. 地震被災国への技術支援の方法等
8. メンバー  
可児長英 日本免震構造協会  
東野雅彦 竹中工務店

佐藤啓治 大成建設  
中島文明 免制振デバイス  
宮崎光生 ダイナミックデザイン

### 社会環境委員会 ————— 委員長 鈴木哲夫

飯島昭治（大成建設）、木村鋳次（新日本製鐵）、川合廣樹（EQEインターナショナル）及び藤田保夫（竹中工務店）の4氏にメンバーとなっていたいただき、9月にキックオフミーティングを開催しました。今後月1回のペースで会合をもち、免震建築の耐震優位性を経済面、税制面などからサポートできる方針について検討していく予定にしています。

### 出版委員会 ————— 委員長 須賀川 勝

11月に会誌26号の発行を予定しておりますので、そのための担当ワーキンググループの活動は、25号を発行した8月から始まっております。毎号掲載している訪問記を書くために9月13日は吉祥寺、10月8日には静岡県浜松市にまで出かけて行きました。

定例の全体委員会は10月28日に行われます。この時にはゲラのチェック、方針の確認、次号の企画について全員で検討します。

会誌に掲載してきた用語集を何らかの形で単行本にする計画と初歩的な免震の本が必要ではないかとの要望から巾広く担当者をお願いして編集WGを発足させ、来年の刊行に向けて着々と準備しております。なおこのWGのリーダーは出版委員会の加藤晋平氏にお願いしました。

メディアWGではより見やすいホームページを目指して、リニューアル作業を実施し、8月に完了しました。会誌バックナンバー、委員会開催スケジュールも追加されています。

## 委員会活動報告

(1999.7.23~1999.10.12)

月 日	委 員 会 名	場 所	出 席 者
7. 23	技術委員会／免震部材小委員会／「設備設計」WG第10回	事務局	9名
7. 26	企画委員会第2回	〃	5名
7. 27	技術委員会／設計小委員会／「入力地震動」WG第9回	〃	7名
7. 27	技術委員会運営幹事会第5回	〃	21名
7. 27	技術委員会／教育普及小委員会第8回	〃	9名
7. 29	維持管理委員会第10回	〃	12名
7. 29	「免震構造設計の実際」講習会	〃	22名
8. 5	技術委員会／施工小委員会第11回	〃	8名
8. 6	技術委員会／免震部材小委員会／「ダンパー」WG第9回	〃	18名
8. 6	基盤整備委員会第2回	〃	7名
8. 19	技術委員会／免震部材小委員会／「設備設計」第11回	〃	10名
8. 25	会務会議	〃	14名
8. 26	企画委員会第3回	〃	5名
8. 26	建築計画委員会第2回	〃	6名
8. 26	出版委員会出版編集WG	〃	11名
8. 27	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6回	〃	13名
8. 31	技術委員会／設計小委員会／「設計例」第12回	〃	8名
8. 31	技術委員会／施工小委員会第12回	〃	7名
9. 1	第6回免震フォーラム	工学院大学	195名
9. 1	技術委員会／教育普及小委員会第9回	事務局	6名
9. 2	出版委員会出版WG	〃	6名
9. 2	技術委員会／免震部材小委員会／「実験」WG第5回	〃	88名
9. 8	基盤整備委員会第3回	〃	6名
9. 9	技術委員会／設計小委員会／「性能設計」WG第10回	〃	17名
9. 13	技術委員会／教育普及小委員会第10回	〃	9名
9. 13	規格化・標準化委員会「標準建築詳細」WG第23回	〃	13名
9. 14	技術委員会／施工小委員会第13回	〃	10名
9. 14	基準等作成委員会第1回	〃	9名
9. 14	技術委員会／設計小委員会／「入力地震動」WG第10回	〃	8名
9. 14	維持管理委員会担当委員引き継ぎミーティング	JSCA会議室	7名
9. 16	「性能評価SWG&免震部材SWG」合同会議第1回	事務局	7名
9. 16	技術委員会／設計小委員会／「振動解析検証ソフト」WG第14回	〃	6名
9. 17	技術委員会／免震部材小委員会／「設備設計」WG第12回	〃	7名
9. 20	技術委員会／設計小委員会／「設計例」WG第13回	〃	7名
9. 20	社会環境委員会第1回	〃	5名
9. 21	会務会議	〃	12名
9. 21	技術委員会／設計小委員会主査幹事会第3回	〃	6名
9. 28	戸建住宅委員会第13回	〃	8名
9. 28	企画委員会第4回	〃	5名
9. 29	出版委員会「入門百科」WG第1回	〃	10名
9. 29	運営委員会	〃	15名
9. 30	国際委員会第1回	〃	4名
10. 1	技術委員会中間報告会	東工大岡山キャンパス 百年記念館3F	75名
10. 4	基準等作成委員会／部材認定小委員会	事務局	10名
10. 7	技術委員会／教育普及小委員会第11回	〃	10名
10. 12	技術委員会／施工小委員会第14回	〃	8名

## 会員動向

### 入会

	社名	代表者	所属・役職
第1種正会員	株式会社中岡組	中岡 大起	代表取締役

	氏名	勤務先
第2種正会員	川合 廣樹	EQインターナショナル
	緑川 光生	建設省建築研究所

	社名	代表者	所属・役職
賛助会員	株式会社長田建築事務所	長田 正雄	代表取締役

会員数（1999年9月30日現在）	第1種正会員	131 社
	第2種正会員	69 名
	賛助会員	48 社
	特別会員	6 団体

## 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〔記入要領〕

第1種正会員・賛助会員・特別会員への入会は、次頁の申込み用紙に記入後、郵便にてお送り下さい。

入会の承認は、理事会の承認を得て入会通知書をお送りします。その際に、請求書・資料（協会出版物等）を同封します。

記載事項についてお分かりにならない点などがありましたら、事務局にお尋ねください。

1. 法人名（口数）…口数記入は、第1種正会員のみです。

2. 代表者とは、下記の①または②のいずれかになります。

申込み用紙の代表権者 指定代理人欄のに✓を入れて下さい。

①代表権者…法人（会社）の代表権を有する人

例えば、代表権者としての代表取締役・代表取締役社長等

②指定代理人…代表権者から、指定を受けた者

こちらの場合は、指定代理人通知（代表者登録）に記入後、申込書と併せて送付して下さい。

指定代理人通知は、事務局にありますのでご連絡下さい。

3. 担当者は、当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・フォーラム・講習会・見学会の案内・会誌「MENSINH」・会費請求書などの  
受け取り窓口

4. 建築関係加入団体名

3団体までご記入下さい。

5. 業種：該当箇所に○をつけて下さい。{            } 欄にあてはまる場合も○をつけて下さい。

その他は（            ）内に具体的にお書き下さい。

6. 入会事由…例えば、免震関連の事業展開・○○氏の紹介など。

※会員名簿に記載されますのは、法人名（会社名）・業種・代表者・担当者の所属・役職・勤務先住所・電話・FAX  
です。

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ISビル4階

☎ 03-3239-6530 FAX 03-3239-6580 E-mail : jssi@jssi.or.jp

## 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。

\*本協会にて記入します。

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  <input type="checkbox"/> 代表権者  <input type="checkbox"/> 指定代理人	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      a 総合 b.建築 c.土木 d.設備 e.住宅 f.プレハブ		
	B: 設計事務所   a 総合 b.専業 {1.意匠 2.構造 3.設備}		
	C: メーカー      a 免震材料 {1.積層ゴムアイソレータ 2.ダンパー 3.配管継手 4.EXP.J 5.周辺部材}		
	b.建築材料 (      )      c. その他 (      )		
	D: コンサルタント   a 建築 b.土木 c.エンジニアリング d.その他 (      )		
E: その他      a 不動産 b. 商社 c.事業団 d.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			

# 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「MENSIN」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) 日本免震構造協会免震普及会」といい、本会員を「(社) 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録し、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は、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受けることができる。

- 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
	TEL ( )	-	
	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ISビル4階  
TEL 03-3239-6530

会員登録内容に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

送付日（西暦）

年

月

日

●登録内容変更項目に○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（ ）

会員種別：第1種正会員 第2種正会員 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。

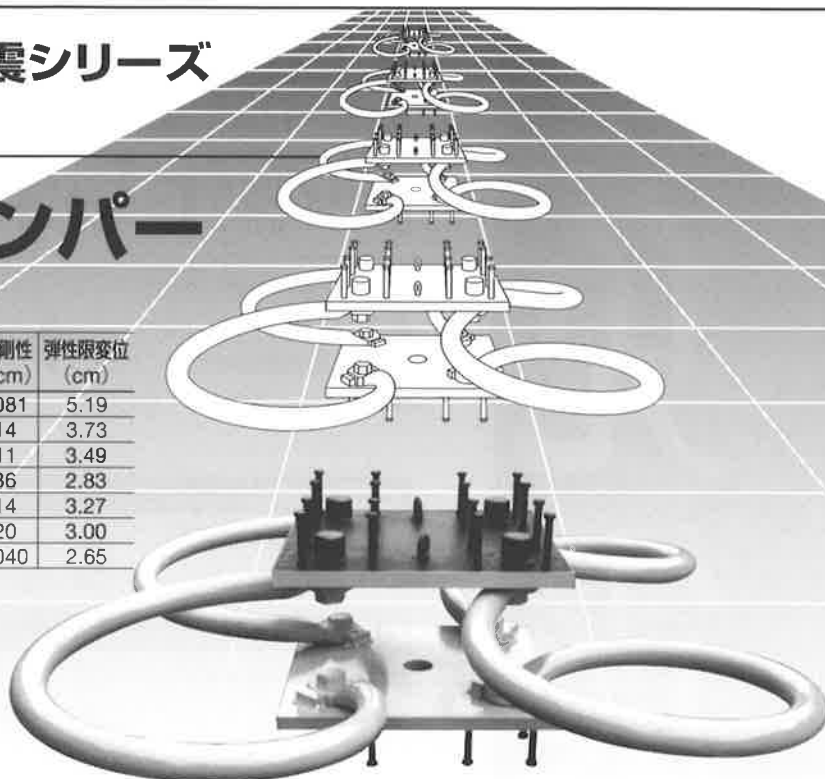
# 新日鉄の耐震・免震シリーズ

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)
90φ R450	B	25.0	4.82	0.081	5.19
	A	31.0	8.3	0.14	3.73
90φ R380	B	29.0	8.3	0.11	3.49
	A	36.0	12.7	0.36	2.83
90φ R325	B	36.0	11.0	0.14	3.27
	A, B	21.0	7.0	0.20	3.00
70φ R285	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

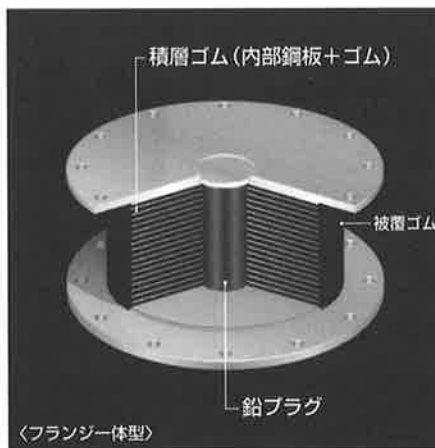
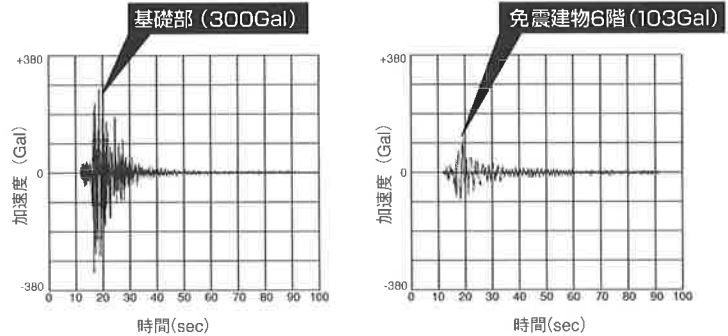
- フランジ一体タイプ……G4・G6 φ 600～φ1100mm
- ボルト固定タイプ……G4・G6 φ 1200～φ1300mm

### RB標準品

- フランジ一体タイプ……G4・G6 φ 600～φ1000mm

LRB、RB標準品について、詳しくはお問い合わせください。

### ■阪神大震災で実証された、LRBの優れた免震特性



### ■LRBの構造

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

### オイルス免震・制振装置

#### ■基礎免震装置

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

#### ■機器免震装置

- 2次元免震床システム
- 3次元免震床システム
- ERS

#### ■制振装置

- 制震壁
- TMD
- AMD

#### ■耐震装置

- LED
- MSストッパー
- パイブロック
- 粘性ダンパー

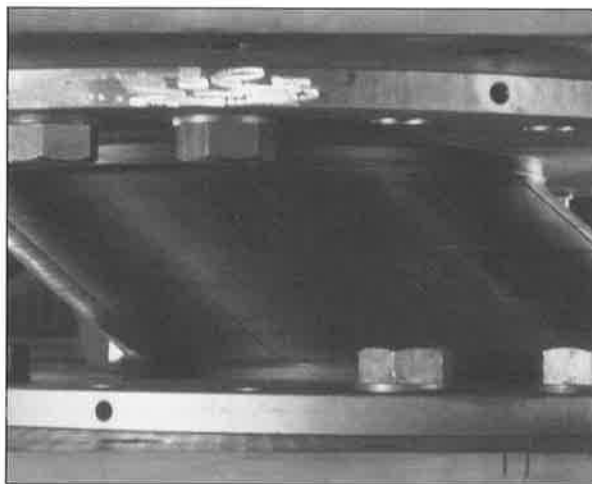
**OILES** オイルス工業株式会社

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

免震ならブリヂストン。実績も豊富です。

## 建物全体の免震に…… マルチラバーベアリング

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



### 〈特長〉

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

ブリヂストンの免震ゴムは、

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

様々な建物に使用されております。



病院



マンション



オフィスビル/ブリヂストン虎ノ門ビル

お問い合わせは…

**株式会社ブリヂストン**

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

# 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

→

  - ◆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**

  - 鋼板露出型のため内部鋼板の確認が可能

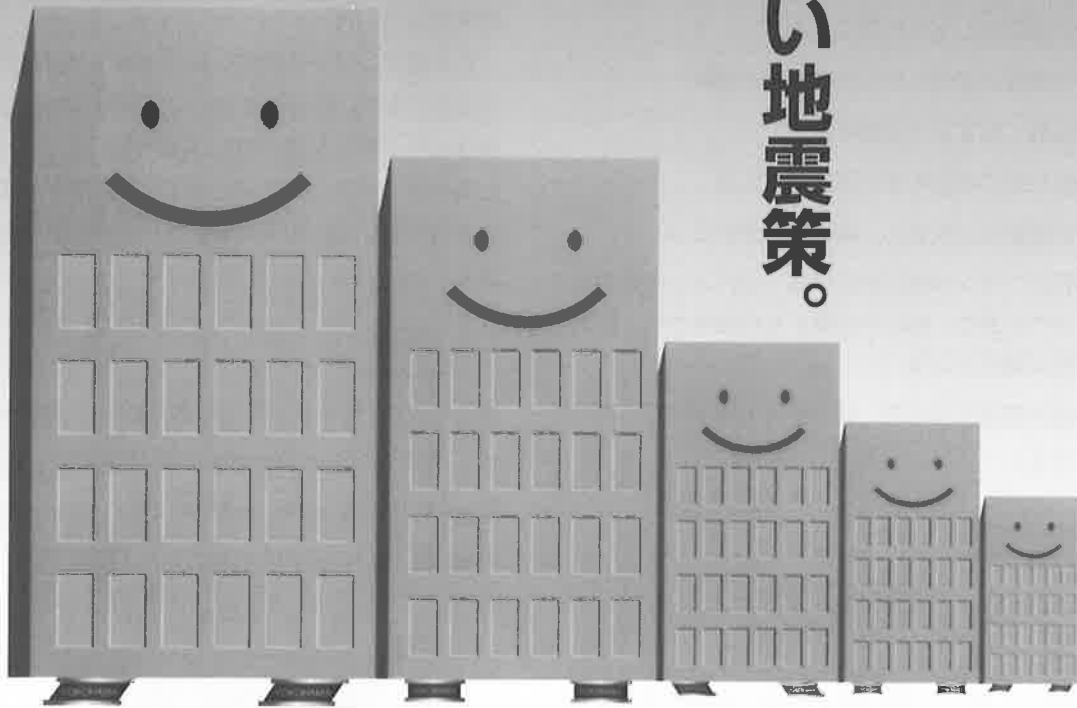
→

  - ◆メンテナンスが容易

**SWCC 昭和電線電纜株式会社**

情報機器営業部第二課 免震・制震グループ TEL 03-3597-6967  
 〒105-8444 東京都港区虎ノ門1-1-18 (東京虎ノ門ビル) FAX 03-3597-6969  
 支店/関西 中部 東北 九州 北海道 中国 営業所/北陸 四国 沖縄

揺るぎない地震策。



YOKOHAMA SEISMIC ISOLATOR FOR BUILDINGS

## BUIL-DAMPER

ビル用免震積層ゴム ビルダンパー

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

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

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

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

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

### 横浜ゴム株式会社

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

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

MB開発本部開発1部：〒254-0047 神奈川県平塚市追分2-1

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

(カタログ請求番号 1122)

# 三菱マテリアルの 免震構造用鉛ダンパー

## 特長

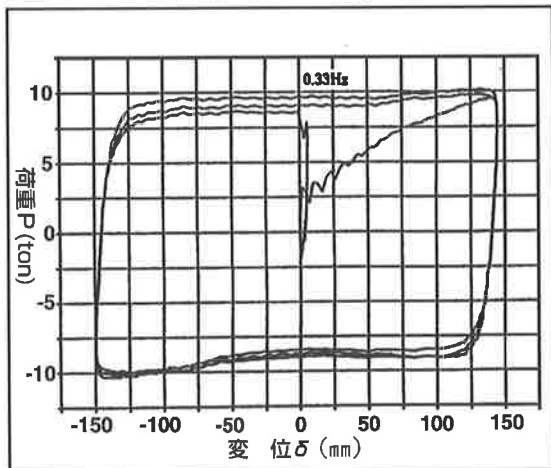
- ◆小振動をしっかり押さえる
- ◆大振動は変形してエネルギーを吸収
- ◆地震に対する不安感を解消
- ◆建築物の被害を最小限に押さえる
- ◆初期剛性が大きく、降伏変位が小さい
- ◆固定フランジ部は防錆処理（亜鉛メッキ処理）されており、鉛はその優れた耐食性から、耐久性に優れている
- ◆維持管理が容易で、取り替えも簡単に行う事ができる

## 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



免震装置取付用ベースプレート

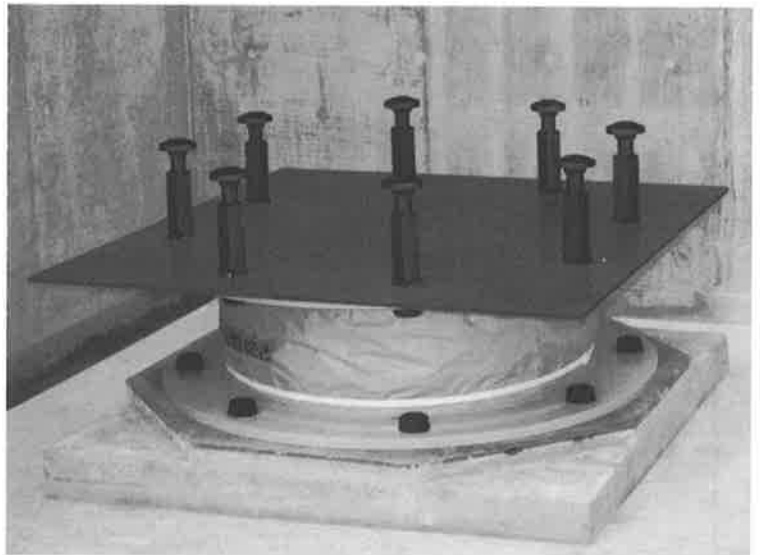
# オクトベース PAT.P.

震災後、免震構造の公共建築物、集合住宅、さらには超高層ビルなどが、目覚ましく普及してきました。また、歴史的建造物に免震構造の機能を付加する「耐震改修レトロフィット」の需要も増加しております。

このような多様化するニーズに応えるため、「オクトベース」が開発されました。

## 特長

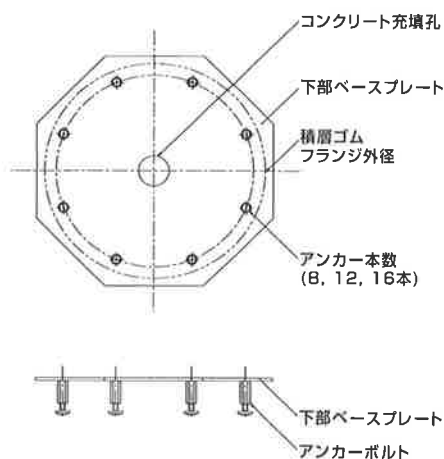
- 豊富な品ぞろえで各種の積層ゴム・ダンパーに対応
- シンプルなアンカー構造で信頼性向上
- 施工を考慮したベースプレート形状
- 計画、製造から取付施工まで一貫した体制
- 新築からレトロフィットまで対応



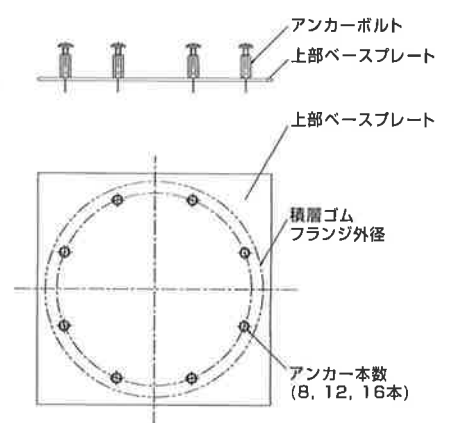
## 仕様図



下部ベースプレート



上部ベースプレート



建設工事の安全と省力化を創る

## 岡部株式会社

東京都墨田区向島4-21-15  
<http://www.okabe.co.jp>

詳細についてのお問い合わせ先

## 岡部テック株式会社

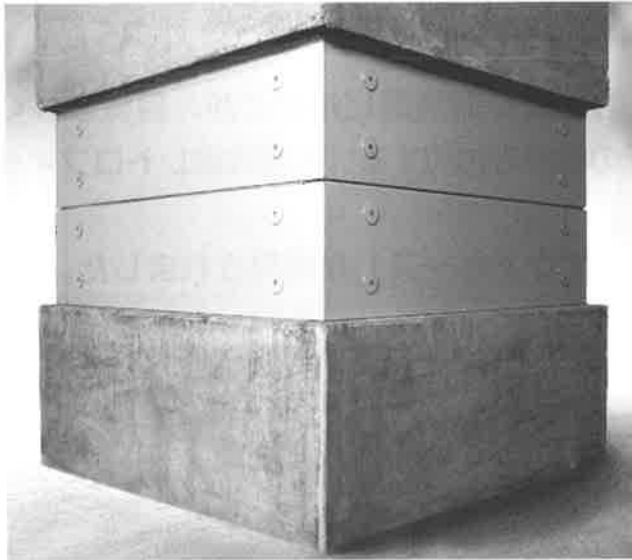
本社：〒130-0002 墨田区業平3-14-4 日土地押上ビル4F  
TEL 03(3624)5118(代) FAX 03(3626)2956

## 岡部エンジニアリング株式会社

本社：〒272-0137 千葉県市川市福栄4-33-6  
TEL 047(397)6101 FAX 047(397)6104

## 免震建築物の積層ゴム用耐火被覆材

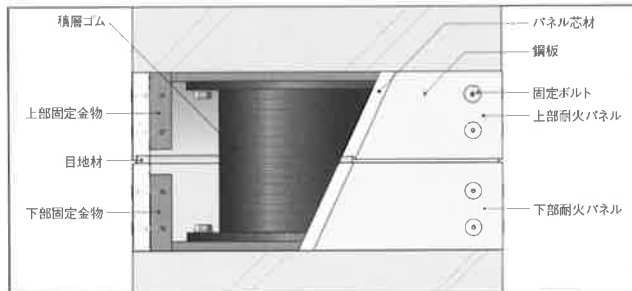
# メンシンガード S



- 中間層免震の場合、積層ゴムにメンシンガードSを施す事により免震層を駐車場や倉庫として有効利用ができます。
- ボルト固定による取付けの為、レトロフィット工法における積層ゴムの耐火被覆材として最適です。
- 従来の耐火材に比べ美しくスマートに仕上がります。
- 表面にガルバリウム鋼板を使用しているため、物が当たった時の衝撃に対しても安全です。
- 専用ボルトによる固定のため、簡単に脱着ができ積層ゴムの点検が容易に行えます。

### 性能

- 耐火試験を行い、耐火3時間性能を確認しています。
- 変位追従性能試験を行い、地震時の変位に追従する事を確認しています。



※材質 耐火芯材：セラミックファイバー硬質板 表裏面鋼板：ガルバリウム鋼板

### 標準寸法

積層ゴム径	変位 (mm)	標準寸法 (仕上がり外寸)
600φ	±400	1,120×1,120
650~800φ		1,320×1,320
850~1000φ		1,520×1,520
1100~1200φ		1,720×1,720
1300φ		1,920×1,920

※これ以外の積層ゴム径、変位量についてはご相談ください。

## 免震建築物の防火区画目地

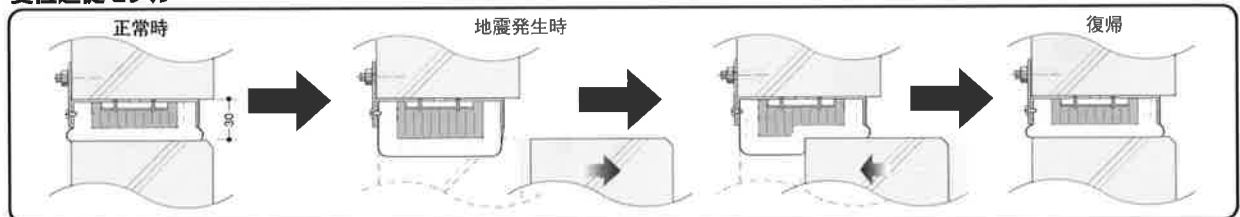
# メンシンメジ



- 耐火2時間性能試験を行い、加熱120分後の裏面温度が260℃以下であることを確認しています。
- 400mm変位試験を行い、変位前後で異常が無い事を確認しています。

種類	厚さ	幅	長さ
一般品	45	100	1,040
コーナー品			320

### 変位追従モデル



◎メンシンガード S、メンシンメジをご使用に際し、場合によって(財)日本建築センターの38条認定を受ける必要があります。ご相談ください。



**ニチアス株式会社**

本社 / 〒105-8555 東京都港区芝大門1-1-26

建材事業本部 ☎03-3433-7256 名古屋営業部 ☎052-611-9217  
 設計開発部 ☎03-3433-7207 大阪営業部 ☎06-252-1301  
 東京営業部 ☎03-3438-9741 九州営業部 ☎092-521-5648

## 寄付・寄贈

### 協会図書コーナー

1) 耐震・免震・制震のわかる本

清水建設株式会社

## 会誌記事投稿のお願い

出版委員会

### 免震建築紹介

会員各位が担当されたプロジェクトを紹介していただき他の会員に情報の提供をしていただければと考えております。

### 免震建築訪問記

既存の免震建築を訪問し、ユーザーの声や使用状況等を中心に紹介するとともに設計者、オーナー、ユーザーの免震に対する考えをお伝えするコーナーです。対象になる物件を紹介して下さい。

### 特別寄稿

免震構造に関連する技術紹介、調査、研究成果の要約紹介などを自由に書いていただくコーナーです。

### シリーズ

免震構造の周辺を含めた技術を紹介して、設計を担当される方々が参考にできるように紹介していくのが目的です。常に新しい事項が紹介できればと考えております。

### その他

免震に関する記事なら何でも結構ですからお寄せ下さい。当委員会で掲載方法を検討します。

以上

上記についてのお問い合わせは事務局までお願いします。

## 編集後記

厳しい残暑が続いた後、急に涼しくなり、少し慌てていましたが、やっと秋晴れのさわやかさを味わうことができるようになりました。例年ですと本委員会が開かれる頃はやや寒い日が多かったという記憶がありますので、今年は暖かいということが実感できます。

ところで26号では担当委員の大半が9月の建築学会に参加している関係で、WGの日程には大変苦労しました。また相変わらず訪問記では多くの方々のご協力を仰いでおります。設計者や案内役をしてくれるユーザー、オーナー関係のみなさんには感謝しております。

出版委員会では会誌以外にも単行本、メディアWGあるいは他委員会に参加する等多忙の方が多く、会誌の作業には事務局の協力もお願いしております。何かと原稿をお願いした方等にご迷惑をおかけしてしまうことがあるのではと危惧しておりますが、ご協力をお願いします。

26号の担当は跡部、加藤(巨)、中川、永井、細川のみなさんでした。

最後になりましたが、跡部委員が目下入院されております。1日も早い回復と委員会へのカムバックを願って26号編集後記を終えます。

出版委員会 須賀川 勝

1999 No.26号 平成11年11月25日発行

発行所 社団法人日本免震構造協会

編集者 出版委員会

協力 A・D・P

〒102-0073

東京都千代田区九段北1-3-5  
九段I S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/>