

# MENSHIN

1994 NO.6 秋号



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

日本免震構造協会

## CONTENTS

<b>Preface</b>	Expectation of Base Isolation .....3 Shigeya KAWAMATA Tohoku Institute of Technology	3
<b>Highlight</b>	Fuchu C -1 Building .....5 Susumu NAKAGAWA Mitsuru KAWAMURA Yasuyoshi HITOMI Nihon Sekkei Inc.	5
<b>Report</b>	Positron Medical Center Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology .....8 Yoshikatsu MIURA Kajima Corp.	8
<b>Series-Laminated Rubber Bearing 5</b>	The Characteristics of The Laminated Natural Rubber .....14 Ichiro NISHIKAWA Showa Wire & Cable Corp.	14
<b>Seismic isolation Building Forum Report</b>	.....19 Public information Committee	19
<b>Special Contribution</b>	Trend of Seismic Isolated Structure Research Report from AIJ Annual Meeting.....20 Kunio HAYAKAWA Okumura Corp. Reflection on the JSSI Forum on Seismic Isolation Peter Clark U. C. Berkeley	20
<b>Committee</b>	Technology Akira WADA.....22 Chairman of Committee Standardization Takayuki TERAMOTO Chairman of Committee Public Information Masaru SUKAGAWA Chairman of Committee Steering + Office Letter Shouichi YAMAGUCHI Vice Chairman	22
<b>New Member</b>	.....24	24
<b>Application Guide</b>	.....25	25
<b>Application Sheet</b>	.....26	26
<b>Information · Postscript</b>	.....27	27

# 目次

巻頭言	免震建築への期待.....	3
	東北工業大学建築学科 教授 川股 重也	
最近の免震構造紹介	府中 C-1 ビル .....	5
	日本設計 中川 進 川村 満 人見 泰義	
免震建築訪問記-⑤	ポジトロン医学研究施設 (財)東京都老人総合研究所 .....	11
	鹿 島 三浦 義勝	
シリーズ	天然ゴム系積層ゴムの特徴.....	14
「積層ゴムのおはなし」-⑤	昭和電線電纜 西川 一郎	
免震フォーラム報告	.....	19
	広報委員会	
特別寄稿	免震構造研究の動向 建築学会大会 (東海) .....	20
	奥村組 早川 邦夫	
	日本免震構造協会のフォーラムに思う .....	21
	カリフォルニア大学 バークレー校 PETER CLARK	
委員会の動き	●技術委員会 和田 章 委員長 .....	22
	●規格化・標準化委員会 寺本 隆幸 委員長	
	●広報委員会 須賀川 勝 委員長	
	●運営委員会・事務局 山口 昭一 副会長	
新入会員	.....	24
入会のご案内	.....	25
入会申込書	.....	26
インフォメーション・編集後記	.....	27

# 免震建築への期待

東北工業大学 川股 重也



## 高まる期待

9月末に行われた免震構造協会の「免震フォーラム」に参加し、米国免震事情の報告など、興味深く拝聴した。なかでも、本年1月ロスアンゼルス近郊で起ったノースリッジ地震の際の免震建築の健闘ぶりは印象的であった。地表の最大加速度1.82gを記録した猛烈な直下地震により、3つの大きな病院が機能停止に陥り、700人もの重症患者が移送を余儀なくされたのに対して、免震構造の大学病院のみは無損傷で、機能を全うしたという。折から始まろうとしていた緊急の外科手術が、建物の小さな揺れがおさまるや直ちに開始され、無事に終了したという話は感動的である。

他の例も含めて、今回の地震における免震建物の応答は、設計者の期待どおりだったようで、新しい耐震の形式である免震構造は、初めての大地震の試練を見事にクリアしたことになる。

世界的に、免震建築への期待が高まることは間違いない。

## 日本の免震建築

日本初の免震建築「八千代台住宅」が誕生してから12年を経過し、現在免震建物は70棟を数えるに至っている。試行的な開発の段階を終了して、本格的な普及の時代にはいったと云える。

我が国の建築技術史の上で、免震建築の出現は、静的震度法による耐震設計の創始と普及、超高層ビルの実現に次ぐ第三のエポックと位置づけてよい。それまでさまざまなアイデアによって模索されていた地震応答低減の試みが、驚異的な性能をもつ積層ゴムアイソレータの出現によって、にわかに現実的な目標としてとらえられるようになり、開花しただけでなく、各種の制振技術の開発をうながす端緒となった。逃がれようもなく地震荷重に縛られた耐震設計から、設計の工夫によって応答を制御するという方向への思想の転換をもたらしたのである。

特に、地震荷重の条件が最も厳しい中低層の建物にとって、免震構造は正に福音となるべきものであるが、最近では経済情勢の厳しさの下で、建築件数の伸びが鈍っていると聞く。今こそ関係者の知恵を、免震普及の

ための他面的な戦略展開に向けるべき時であろう。

免震普及の日米比較では、病院、官庁、緊急指令センターなどの建設、歴史的官庁建築の耐震改良など、公共建築への大規模な免震適用が目立つアメリカに対して、我が国の免震建築は、中小規模の民間施設が主流である。先述の大学病院の例を持ち出すまでもなく、地震時の急救、避難、通信広報等の拠点となる公共建築の免震化は、今後の重点課題の一つである。

免震の普及にとって、コストの要因は避けて通れない課題である。免震化することにより、原設計より安くなったと云う例も現われたと聞くが、免震層での出費が上部構造の簡略化によって償還し切れず、何がか割高になるという建築費の傾向が続いているようである。

免震建築が盛んになり始めた頃、アイソレータの価格の相場が、支持荷重1tあたり1万円ぐらいと聞かされてびっくりした。重量1,000tを支える柱の下に、1,000万円のアイソレータが鎮座します！……現在では当時より大分安くなったらしいが、それでも構造材としては高過ぎる。

もっとも、剪断変形率が400%にも達する大変形に耐えなければならないこと、注文生産であること、厳格な検査を要求されることなどを考えると、高品質即高価格の面を持つことは否定できない。免震建築の普及にともなって量産体制が整い、規格生産が可能になって始めて合理的な価格で供給されるようになるだろう。

免震建築が安くならないもう一つの原因に、上部構造の設計の問題がある。

## 上部構造の問題

現在の免震建築の振動応答解析では、最大地動速度50cm/secの高レベル入力に対して、応答のベースシア係数がほぼ0.1以下におさまり、上部構造は弾性範囲での設計が可能である、というのが設計者の共通認識であろう。応答値が個々の地震波の性質に余り左右されないことも重要である。前者はもちろん isolation作用の結果であり、後者は系が1質点で代表できるほど単純であること、系の減衰が大きいことに起因する。

しかし、建築確認の大臣認定を得る前提となる建築センターの評定では、永年にわたって剪断力係数を在来構造に対する規定値の85%以上とするよう指導（すなわち強制）されて来ており、上部構造の部材に必要な以上の断面を採用することを余儀なくされたようだ。結果は、下部の構造特性とバランスしない過剰設計とならざるを得ない。

評定者は、免震建築が予想外の地動に見舞われて、アイソレータが破断、上部がドスンと落ちて、あとは只の耐震構造になるとでも考えたのだろうか？

免震装置は余裕をもって設計しており、さらに過大入力に対しても、アイソレータ群の破断は漸進的で、一挙に破断することがないことが加振実験によって実証されている（加藤宗明ほか；FBR 免震型プラントの構築に関する研究、その(9)~(15)、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、1992、2783-2789）。破断拡大の過程では、破断したアイソレータも支持機能を失わず、ゴム層の破断面間のスリップにともなう摩擦力によって減衰が増大するという靱性的な挙動を示す。

筆者は、上部構造の配筋や仕口の詳細に、耐震設計で慣用されているやり方を守っておけば、上部構造は応答計算どりの断面設計をしておけば、崩壊に対してフェールセーフであると考えている。つまり上部構造は弾性設計されているので、たとえ免震層にトラブルが生じて、まだまだ余力があるということだ。その場合、どこまで損傷を許すかは設計者の判断の問題であり、評定者が心配するのは余計なおせっかいというものだ。

評定者には、免震層の安全性と信頼性について厳格にレビューして頂きたい。しかし、上部構造の設計は設計者に委せてよいのではないかと思う。

上部構造の評定結果については、筆者ははたで見えてやるせない思いを抱いて来たが、最近になってベースシア係数0.12という評定例が出たと聞いてほっとしている。評定者は免震構造が理解できなかったのではなく、壊さないと気が済まないという耐震設計の思考様式から、にわかには頭が切り替わらなかったの

であろう。

どうか、今後とも開明的な評定をお願いしたい。

### 地球的視点から

耐震建築が確立している国々では、免震構造は各種の耐震・制震の様式と並んで、その特質に応じて選択され、普及して行くであろう。

一方、地球の地震帯には、近代的な構造技術の恩恵にあずかることのできない広大な発展途上地域があり、問題は一層深刻である。先進国からの技術の指導も熱心に行われているようだが、経済・技術・教育等の悪条件にはまかれて、成果の滲透は困難なようである。

これらの地域では、耐震技術を普及させるよりも、免震技術を導入する方が現実的と思われるがどうか。地震対策を免震層に集中的に施しておけば、上部構造は楽な設計と施工が可能になる。

地域に拠点となる免震センターを設けて、装置の生産と設計支援を一括して行い、装置を各建設地点に送り届けるシステムを作れば効率的な免震化が可能となるのではないか。上部構造は地域ごとの伝統様式に改良を加えるぐらいでよいかも知れない。

当面、アジアの地震地域を対象として、国際協力事業を構想してみるのも意義があると思われる。国際的な活動を標榜する免震構造協会として是非取り上げて頂きたいテーマである。

バブル経済崩壊の影響をのぞけば、免震建築の未来にとって明るい材料が揃いつつある。免震構造本来の価値が発揮できる環境が早く整うことを期待している。

# 府中 C-1ビル

(株)日本設計



中川 進



川村 満



人見泰義

## 1. はじめに

従来の耐震構造の建物は大地震時に倒れないとはいえ、地震後は仕上げはもちろん躯体もクラックだらけ等かなり損傷を受けることを予想している。これは構造的には受入れられても社会的に十分理解されているとは考えられない。これに対し免震構造の建物では内部の人・物・機能の保護を考えており、機能も含め建物は大地震後もそのままに使用できることを目指している。府中C-1ビルは、情報センターとしての機能の保護を優先して考えた建物である。免震構造を採用する事により、この社会的目的に則した建物があるコストの中で実現したものである。

## 2. 建築概要

所在地	東京都府中市日鋼町
主用途	情報センター
工期	1990年8月～1992年8月
敷地面積	19,615.26㎡
建築面積	7,225.25㎡ (免震部分4,796.81㎡)
延面積	45,379.10㎡ (免震部分37,845.62㎡)
階数	地上7階、地下1階、塔屋1階
建物高さ	37.5m
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造
構造形式	耐震壁併用ラーメン構造
基礎	直接基礎 (布基礎及びマットスラブ)
建物総重量	約62,000トン
地震時グレード	用途種別2種 (重要度の高い建物)
免震装置	鉛プラグ入り積層ゴム 直径1,500mm×18基 直径1,300mm×22基 直径1,200mm×16基 直径1,100mm×12基 (鉛プラグ直径180mm～280mm)
仕上概要	外装：アルミカーテンウォール、花崗岩打込みPCカーテンウォール及び磁器タイル仕上 床仕上：メラミン化粧板仕上フリースクセスフロア (H=600mm)

## 3. 構造概要

### (1)全体概要

この建物は、鉄骨鉄筋コンクリート造、地下1階・地

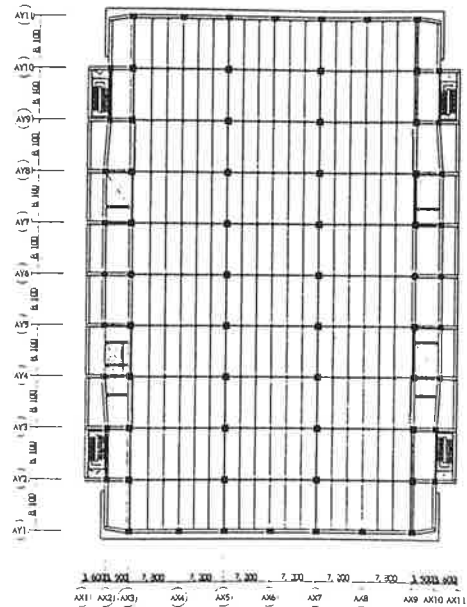


図-1 基準階伏図

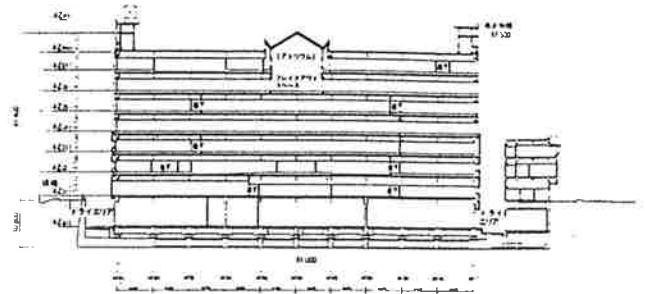


図-2 軸組図



写真-1 建物写真

上7階・塔屋1階の情報センターであり、地下1階床梁と基礎との間に鉛プラグ入り積層ゴム（LRB：Lead Rubber Bearing）を設置した免震構造となっている。（図-1, 2、写真-1）

(2)各部の構造

・上部構造

免震層により地盤と分離された上部構造は、耐震壁を有する鉄骨鉄筋コンクリート造とし、電算室の梁は鉄骨造としている。

・下部構造

免震層を介して上部構造を支える下部構造（基礎構造）は、安定した上総層群細砂層を支持層とし、マットスラブ及び布基礎で接地した直接基礎である。免震層に有害な変形が生じないように基礎構造は十分な剛性を持ち、外周部で地下1層分の土圧を受ける擁壁と一体化されている。

・免震層

上部構造と下部構造の間に位置する免震層は、4種類のLRB（積層ゴム直径：1, 100/1, 200/1, 300/1, 500）総数68基からなる。1基で支える重量は最小径のもので626t、最大径のもので1,671tであり、これらはゴム面圧にして各々68kg/cm<sup>2</sup>、98kg/cm<sup>2</sup>である。積層ゴム中心の鉛プラグにより地震エネルギーの吸収を図っている。（図-3, 4）

4. 免震構造の採用まで

(1)何故免震か

府中C-1ビルは、プロジェクト開始段階から、激しい情報化の流れの中で企業の一つの中枢である電算センターとなることが決まっていた。このため、容器としての建物の安全性のみならず、内容物である人や情報機器、またその機能保全を含めた1グレード上の安全性が求められていた。大地震時にこの機能保全を含めた安全性を確保するには免震構造の採用が適当と考え、その妥当性の検討を開始した。（図-5）

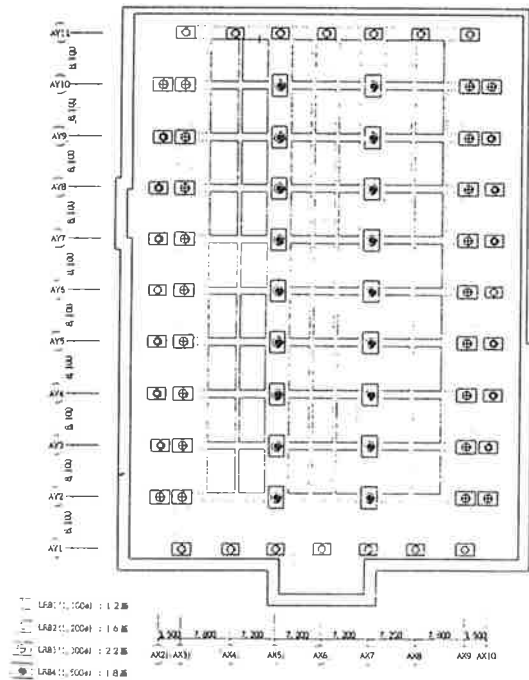


図-3 LRB配置図

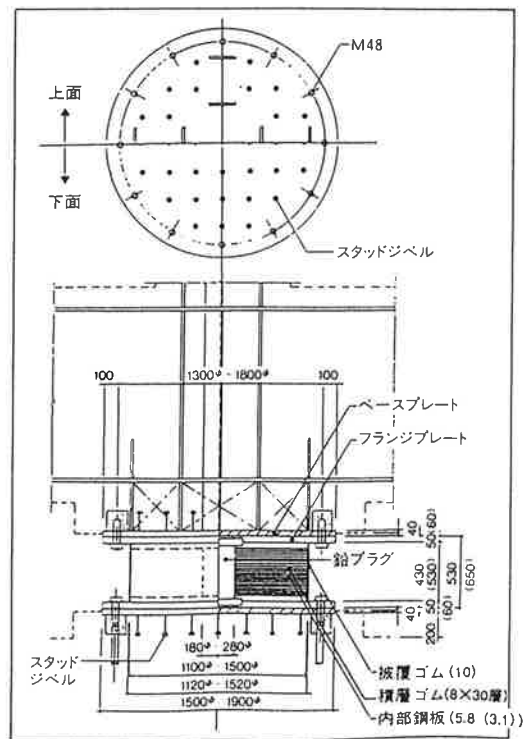


図-4 LRB取り付け詳細図

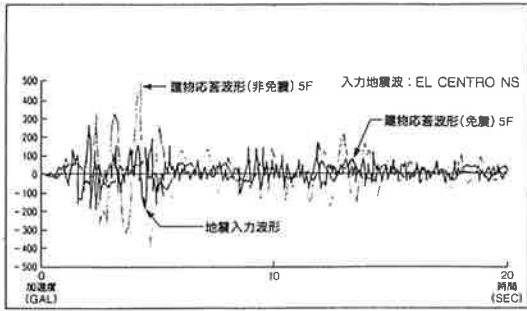


図-5 免震構造と従来構造の応答比較

(2)決断まで

検討においては、

- ・従来の耐震構造（基礎固定型）との地震時応答比較
- ・従来の耐震構造（基礎固定型）とのコスト比較
- ・設計及び施工スケジュールの検討
- ・免震装置の信頼性の検討
- ・期待値等による発生地震予測

などを行い、施主側と十分な議論を重ね、理解を得て、内容物の安全性と機能保全を重視した結果、免震構造の採用が決定した。

企画から維持管理までの免震構法の流れを図-6に示す。

(3)手続き

日本建築センター免震構造研究委員会での審査が約6ヶ月、その後免震構造評定の取得に約2ヶ月を要し、

38条大臣認定に約1ヶ月の期間を要した。1990年3月に許認可手続が完了した。

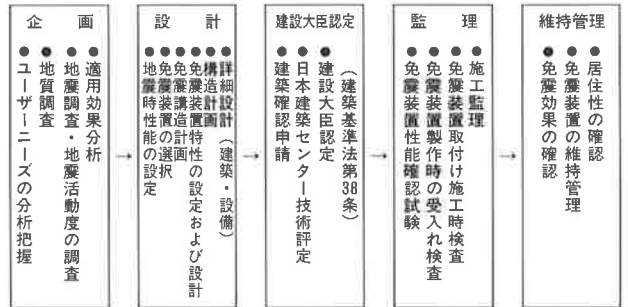


図-6 免震構法システムの流れ

5. 設計時の考察

(1)設計クライテリア

当社における『免震構造設計システム』では地震時性能をその建物の要求性能に応じ、用途種別1（一般の建物）、用途種別2（特に重要度の高い建物）を設けている。本建物では用途種別2として、表-1に示すように地震時の目標性能を地震レベルごとに、建築・設備各々に設け、これに沿って設計作業が進められた。今回の設計では非常時の機能保全を優先するため、中小地震よりも大地震時の性能を主体に設計性能が定められた。

(2)免震装置の選択

表-1 地震時性能目標

検討 レベル	入力地震動 地震動レベル 地震面速度	耐震設計目標			2次部材等の設計		設備耐震設計		C棟（非免震） の耐震設計目標
		上部構造の性能	免震装置の設計	下部構造の設計 (基礎・地盤)	外装材	非免震取合部	上部構造における 配管・機器	非免震取合部	
I	中地震 震度5の弱 建物の耐用年限中に 数度遭遇する可能性 のある地震動 10 cm/sec	最大加速度 120 cm/sec <sup>2</sup> 以下	—	—	一切の補修の 必要無しに継続 使用できる 限界 層間変形角 = ±1/500	—	—	—	基準法による一次設計  外装材 ±1/400
II	大地震 震度5の強 ～6の弱 建物の耐用年限中に 1度以上遭遇する可 能性のある地震動 25 cm/sec	短期許容応力度以下 設計軸断力 $\leq$ 以下 壁軸断力 $\leq$ Rc/10 最大層間変形角 1/450以下 最大加速度 250 cm/sec <sup>2</sup> 以下 350 cm/sec <sup>2</sup> (PH階)	許容水平変形量 15cm以下	—	CW部材に破 損、脱落残留 変形が起これ ず不定形シー リング材の補 修のみで継続 使用できる 限界 ±1/400	±(免震層の許容 水平変形量15cm+ 取合部最大変位 量)で何ら損傷が 起これないこと	—	—	—
III	強大地震 震度6の強～7 建物が将来遭遇する かもしれない最大の 地震動 50 cm/sec	弾性耐耐力以下 最大層間変形角 1/300 以下 最大加速度 400 cm/sec <sup>2</sup> 以下 450 cm (PH階)	許容水平変形量 30cm以下 安全率 1.5以上 せん断歪 200%以下	$K_w=0.4$ に対して 弾性耐耐力以下	CW部材に破 損脱落を生じ ない限界 ±1/300	±(免震層の許容 水平変形量30cm+ 取合部最大変位 量)で機能的な問題 が起これないこと 2次・3次部材に は軽微な破損を許 容する	PH階: 0.6G 基準階: 0.5G	±免震層の許容 水平変形量30cm で、全ての配管 は可動でき、何 ら損傷が起これ ないこと	地上部 保有水平耐力の確認 (基準法に準じる) 地下部 $C_s=0.4, K=0.2$ に対 して弾性耐耐力以下 (補材ステージとは対応しない)
IV	終局状態検討用地震 動 強大地震を上回る大 きさの地震動 75 cm/sec	保有水平耐力の確認	限界水平変形量 50 cm以下 安全率 1.0 以下 せん断歪 300%以下	—	—	地盤固定部との取 合は免震層の限界 水平変形量50cmで 躯体が衝突しない こと	—	重要な配管は ±50cmで可動で きる	—



免震装置として、次の2種類が検討された。

・鉛プラグ入り積層ゴム

積層ゴムの特性にプラスして、積層ゴム中心部に挿入された鉛の弾塑性挙動によりエネルギー吸収能力を持たせ、建物への地震入力低減を図るもの。

・高減衰積層ゴム

積層ゴムの特性にプラスして、特殊配合によりそれ自体に減衰性を有するゴム材料を用いることにより、

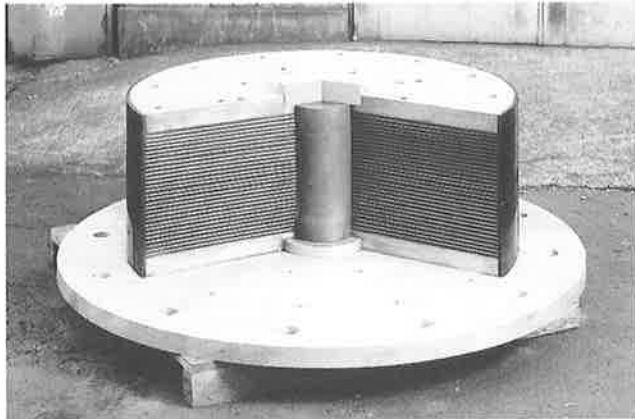


写真-2 LRBカットモデル

エネルギー吸収能力を持たせたもの。

この他に、積層ゴムと減衰装置を別々のユニットとして免震層に取り付ける方式もあるが、施工や取扱いの単純さから一体型の上記2種類からの選択とした。上記2種類は、荷重・変形曲線がやや異なるが、似かよった免震効果を示した。最終的には実績の多い鉛プラグ入り積層ゴムに決定された。(写真-2)

(3)地震応答解析

地震時の免震建物の挙動を確認するために、実地震波記録を用いた地震応答解析が次のように行われた。

i) 上部建物は、B 1階から、屋上階床まで9質点にモデル化され、水平剛性は応力解析における立体

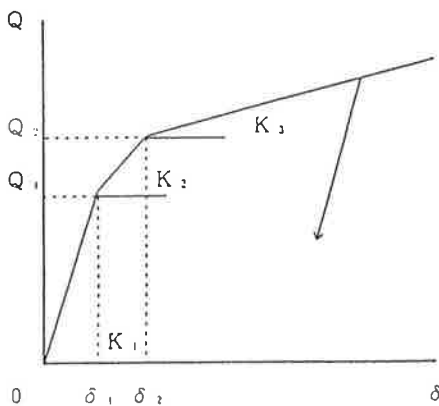


図-7 免震層の復元力特性

フレームモデルから得たものを用いる。免震層はその下部に水平バネとしてモデル化する。

ii) 免震層の水平剛性については各LRBのBi-linearカーブを合成したTri-linearカーブとしてモデル化する。(図-7)

iii) 地震波はEL CENTRO NS、TAFT EW、東京101NS、八戸港湾NS・EWを基準化したものを用いる。

この結果、応答結果は目標を満たすことを確認した。尚検討ステージIIIについては免震装置の剛性変化を考慮した検討も行っている。

(4)免震のためのディテール

免震構造では地盤と建物間で大きな変位が生じるた

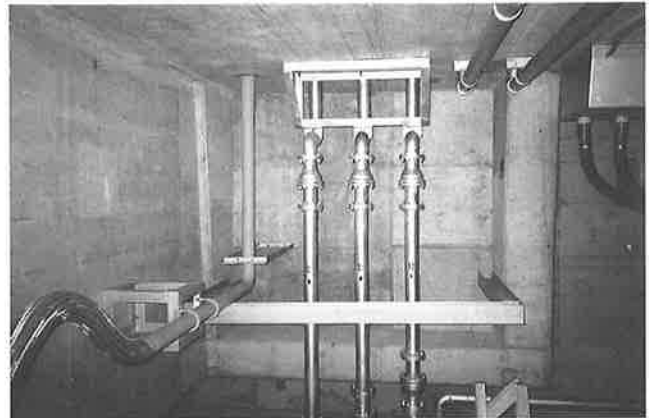


写真-3 設備配管免震継手

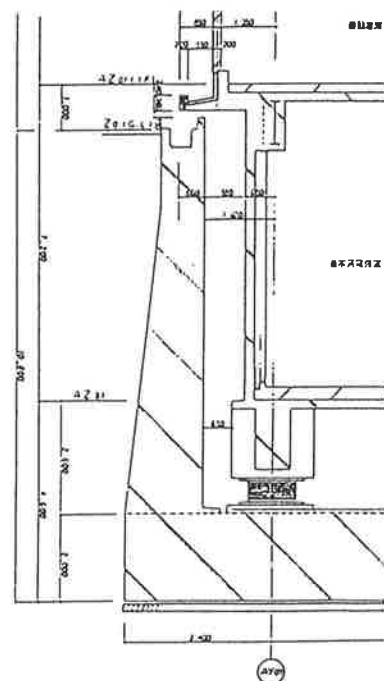


図-8 取合い部ディテール

め建築的、設備的にこのジョイント部分で特殊なディテールが必要となった。また逆に上部構造においては層間変位が通常よりも小さくなるためカーテンウォールやサッシュ等の取り付けディテールの簡略化が可能になった。(図-8、写真-3)

(5)地震時の電算機の転倒

免震に対する様々の検討のなかで、地震時の電算機器の転倒の検討を行ない、安全性を確認した。

(6)免震装置の耐久性

免震装置の採用により、構造材として馴染みのないゴムという材料が主要構造材として、鉄とコンクリートと共に建物に取り込まれるということで、その耐久性が検討された。耐久年数は建物の耐用年数として60年として設定され、ゴム素材(強度・剛性)やその接着性について熱老化促進試験により60年以上の耐久性が確認された。また科学薬品浸漬試験による耐薬品性や、耐湿度性・耐オゾン性も試験により確認されている。設計段階での建築主からの質問の一つに「ネズミにかじられたらどうしますか」というものがあり我々もやや困惑したが、「本体の積層ゴムは8mmのゴムと5.8mmの鋼板とが交互に積層になっており万一かじられたとしても10mmの被覆ゴム部分に止まり、内部のゴムに悪影響は無い、また早期発見のためにも点検を行うように」と回答した。建築主は様々な角度から心配をしていたようである。

(7)免震装置の耐火性

免震装置の耐火被覆については評定段階から論議され、結局、既評定物件にならない装置部分は基礎と判断され、また通常は人の出入りが無いとして耐火被覆は不要とされた。ところが確認申請段階で都指導課からまたもや「何故耐火被覆不要か」という質問があった。結局は評定時と同様の説明で事無きを得た。

6. 免震装置 (LRB) 製作と施工

(1)LRB 製作

製作手順は、

- ・プレス用金型の図面及び製作(各径について約3カ月)
- ・積層ゴムの加硫成形(各径について約1.5カ月)
- ・製品の性能検査(約4ヶ月)

となっており、発注から納入まで約10カ月の期間が必要であった。

(2)製品試験と性能確認試験

LRB 製品は全数について外観検査及び圧縮剛性・水平

履歴特性(等価剛性、等価減衰)を試験により確認した。またゴム径1,100及び1,500mmのLRB各2体については最大せん断歪み200%(水平変位48cm)までの

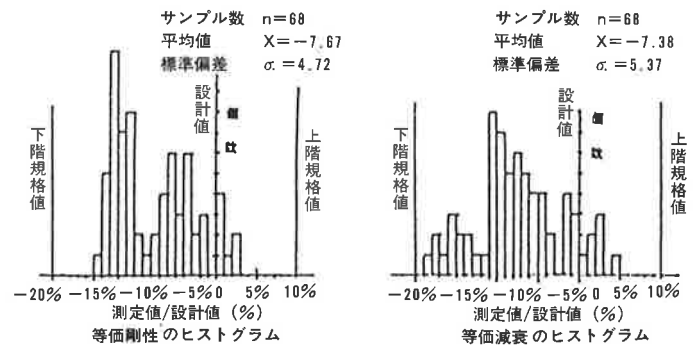


図-9 性能のばらつき

表-2 製品試験の内容

項目	製品	試験内容	検査数	許容差
圧縮剛性 Ky (ton/cm)	LRB 1	鉛直荷重 600ton ± 180ton間の剛性を測定	全数	設計値の±20%以内 但し、測定平均値との差は設計値の10%以内
	LRB 2	鉛直荷重 800ton ± 240ton間の剛性を測定	全数	
	LRB 3	鉛直荷重 1,100ton ± 330ton間の剛性を測定 鉛直荷重 1,000ton ± 700ton間の剛性を測定	3体抜取り	
	LRB 4	鉛直荷重 1,500ton ± 450ton間の剛性を測定 鉛直荷重 1,000ton ± 700ton間の剛性を測定	3体抜取り	
	LRB 3 LRB 4	鉛直荷重 1,000ton ± 700ton間の剛性を測定し、上記各3体から求めた補正値により設計鉛直荷重での剛性を算定	全数	
水平履歴特性 等価剛性 Keq (ton/cm) 等価減衰 Ha (%)	LRB 1 LRB 2 LRB 3 LRB 4	鉛直荷重 1,000ton を載荷し、100%せん断歪の履歴特性を測定	全数	設計値の-20% ~ +10%以内 ゴム割離等の異常のないこと

履歴特性を測定し、異常の無いことを確認している。(図-9、表-2)

(3)施工精度と施工法

免震装置は水平剛性が小さいため、これに作用する荷重の均一化への配慮が必要であった。前述の製品精度はもとより、免震層付近の施工精度には厳しい仕様を定め、施工監理を行った。この実現のために、施工側も様々の工夫により精度管理に努めたが、鋼板を含めた製作条件が厳しかったためか、現場での施工はとてもスムーズに進行していった。(表-3、写真-4)

表-3 施工時の検査

検査時期	検査項目	検査方法	頻度	取付け精度・合格判定基準	処置
下部基礎 施工時	アンカボルトの ・位置 ・長さ	レベル、 スケール	全放	・ $\leq 2\text{mm}$ ・所定長さ	修正
	アンカボルトの ・位置 ・高さ ・傾き	レベル、 スケール	全放	・ $\leq 2\text{mm}$ ・ $\leq 1\text{mm}$ ・ $1/1000$ 以下	修正
	グラウト材の 強度	強度試験	1回 /0.1	・所定強度以上	打ち直し
	アンカボルトの 表面状態	外観検査	全放	・錆の発生、下地の露出 がないこと	補修
横置ゴム 取付時	・位置	レベル、 スケール	全放	・水平方向のずれ $\leq 2\text{mm}$ ・所定品番の確認	修正 取替え又は取 付け位置変更 記録
	・高さ ・傾き	レベル、 スケール	全放	製品立合い検査に同じ (1-2(2))	修正
	取付けボルトの 固定度	トルク レンチ	全放	・所定トルク以上	締め付け
	・外部損傷	外観検査	全放	製品立合い検査に同じ	受入れ検査に 同じ
	・接部の防錆	外観検査	全放	製品立合い検査に同じ	受入れ検査に 同じ
上部基礎 施工時	アンカボルトの ・位置 ・長さ	レベル、 スケール	全放	・ $\leq 2\text{mm}$ ・所定長さ	修正
	取付けボルトの ・位置 ・高さ ・傾き	レベル、 スケール	全放	・アンカボルトの $\text{offset} \leq 1\text{mm}$ ・ $\leq 1\text{mm}$ ・ $1/1000$ 以下	修正
	取付けボルトの 表面状態	外観検査	全放	・錆の発生、下地の露出 がないこと	補修

要である。この維持管理は竣工時のデータを以て開始されるため、竣工にあたり全てのLRBの状況が測定記録された。

(2)点検とメンテナンス契約

維持管理にあたっては、通常・定期・臨時的点検が設定されており、建物所有者と施工者および設計者間で維持管理（メンテナンス）契約を締結し、その実施にあたることになっている。（表-4）

表-4 保守点検の種類

種類	目的	時期	実施者
通常点検	外観、周辺調査による異常の早期発見	1回/8ヶ月	建物管理者
定期点検	通常点検で確認できない機能的異常の発見、及び耐久性に関する確認	竣工後 1年目 2年目 3年目 以降10年毎	設計者 立合い 指導 施工者
臨時的点検	通常点検で必要と判断された場合 建設地点で下記の災害があった場合 ・震度5（気象庁震度階）以上の地震 ・瞬間最大風速40m/sec以上の台風 ・集中豪雨等での積水の冠水 ・火災	不定期	設計者 立合い 指導 施工者

(3)別置き試験体

免震装置の耐久性・剛性変化などについて実際に近いもので検証していくために、今回は別置き試験体（実物を500mmφに縮小したモデル）3体を実情に則した面圧をかけた状態でピット内に設置し、定期的に試験を行うこととした。これは、今後免震装置の信頼性が向上するにつけ、不要になる可能性もある。

(4)地震観測

この建物では、免震構造としての機能が実際の地震時に設計通り発揮できるかどうかを検証するため、建屋内および地下部に地震計を設置し、その記録を測定する体制が整えられている。このシステム作動以来、また10gal程度の地震しか記録されていないが、いずれその性能が試されることになると思われる。

8. おわりに

超高層建築がそうであるように、免震建築も関東大震災クラス地震に遭ったことが幸いにして未だ無い。我々構造屋としては不謹慎ながらも、一抹の不安を感じつつ、一方で大地震の到来を期待しているのが本音ではなかろうか。特にこの免震構造のように大地震時の性能を構造的に制御するという目標を掲げている場合、その成果について責任もあり期待もしている。「地震来たれ」という所である。

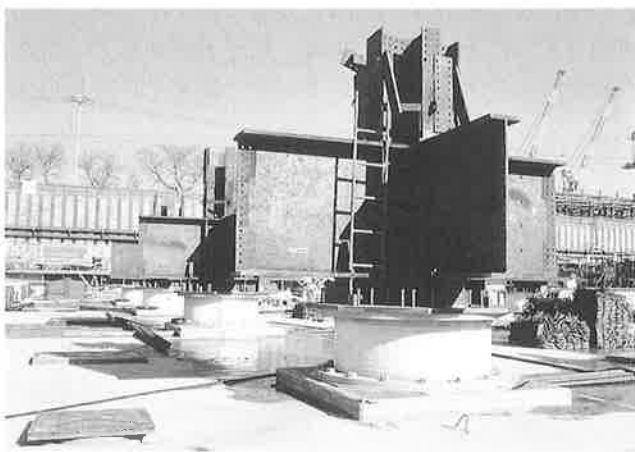


写真-4 LRB・0節鉄骨設置状況

7. 維持管理

(1)竣工時検査

免震構造は竣工後もその機能が維持されていくことが必要であり、そのためある程度の維持管理が最小限必

# ポジトロン医学研究施設

(財)東京都老人総合研究所

鹿島 三浦義勝



今回の訪問先は医療機関になりました。板橋区にある東京都老人総合研究所の附属施設です。設計者である久米設計の小幡さんの案内で、残暑厳しい9月のある日に見学しました。



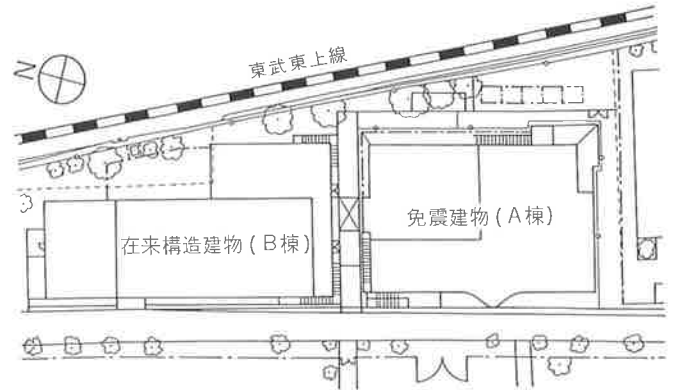
写真一 建物正面にて、千田室長(左)と筆者



写真二 建物全景

ここは東武東上線大山駅から北側徒歩5分にある東京都養育院の一施設で、広大な敷地の外れ、東上線を誇いだ隣の敷地にあります。

建物は、RC造地上2階、地下一階、延床面積約1,000㎡で、明るいタイル貼りの瀟洒な仕上がりとなっています。すぐ隣に鉄道が通っています。また隣接して通常構造の建物(B棟)があります(図-1参照)。



図一 建物配置図

当日は、東京都養育院管財係長の今野さん、ポジトロン医学研究室長の千田さんに対応していただき、お話を伺いました。

難しい名前の施設ですが、ここは、ポジトロンCTの活用を主体とした、老化と老人病の研究と臨床診断法を提供する施設で、全国でもまだ20か所しかない先進的なものだそうです。また、ポジトロンCTは核医学診断法のひとつで、ポジトロン(陽電子)を放出す



写真三 PETカメラ

る放射性同位元素で標識された薬剤を投与し、その分布をPET(陽電子放出断層撮影)カメラで撮影することによって、脳、心臓など臓器の局所機能を画像に描出して病気を診断する検査法です。内部も詳細に案内

B棟（在来構造建物）

A棟（免震建物）

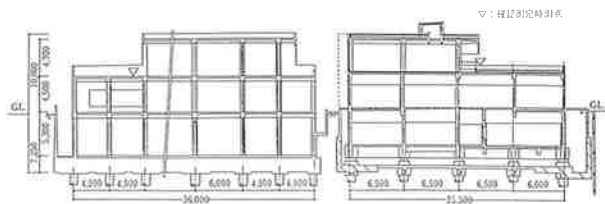


図-2 断面図

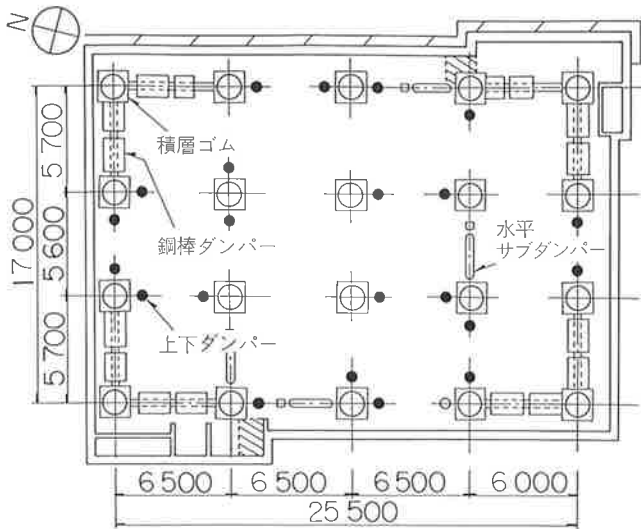


図-3 免震装置配置図

表1 免震建物の微動時の固有周期と減衰定数

		固有周期 (秒, 下段 Hz)		減衰定数 (%)	
		設計値	測定値	設計値	測定値
積層 ゴム だけ	水 平	2.08 (0.48)	1.53 (0.65)	2.0	2.3
	上 下	0.158 (6.33)	0.176 (5.68)	2.0	2.2
	ねじれ	1.09 (0.92)	1.17 (0.85)	2.0	2.3
躯体 完成 状態	水 平	0.86 (1.16)	0.75 (1.33)	—	—
	上 下	0.147 (6.80)	0.143 (7.00)	5.0	5.2
	ねじれ	—	0.75 (1.33)	—	—

していただきましたが、いかにも最新鋭で高度の機能を備えた設備が収容されている施設という感じがします。

免震構造を採用した理由のひとつは、これらの、薬剤の製造や画像の撮影と処理に用いられる機器が高性能で、振動に対して非常に敏感であり鉄道の振動により大きく影響を受けるためだそうです。なるほどと思われま。

同時に、高価な機器の地震による被害も防止しようというわけです。

この建物の場合、免震層は地下1階の下のレベルにあり、周囲はドライエリアに囲まれています。免震装置は、天然ゴム系積層ゴム（20個。直径1.05m、1.1m、1.2m）と鋼棒ダンパ（φ32mm）で構成されていますが、積層ゴムは上下方向に軟らかい厚肉タイプ、いわゆる免震防振積層ゴムを採用しています。

図-2に断面を、図-3に免震装置の配置状況を示します。

また、中小地震に対しても減衰性を向上させるために、オイルダンパ（水平動用）と粘性ダンパ（上下動用）を併用しています。なお、性能発注により大林組が設計に協力し、工事を担当しています。

千田室長に住心地をお伺いしてみました。

音も振動も非常に良く遮断されており満足しているとのことでした。そして、隣を走る電車の振動について、こんなエピソードを紹介してくれました。

地鎮祭の神主の御払いの時に、丁度、通りかかった電車の振動で、供えてある杯が転落したそうです。

その位、交通振動が厳しいところのようです。

私達も、窓から電車の通るのを見計らって振動と音を注意深く体感してみました。室内は全く変化がなく、本当に良く制御されていると感心しました。

地震記録もいくつか採れており、予想通り良好な結果が得られています。（図-4参照）

電車による振動の低減効果については、隣接する非免震建物（B棟）との同時測定記録があり、これから

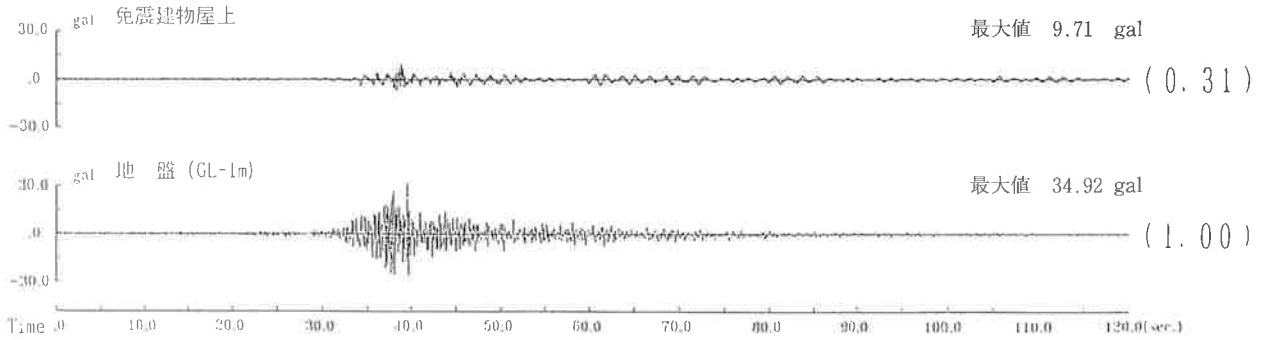


図-4 平成5年10月12日地震記録

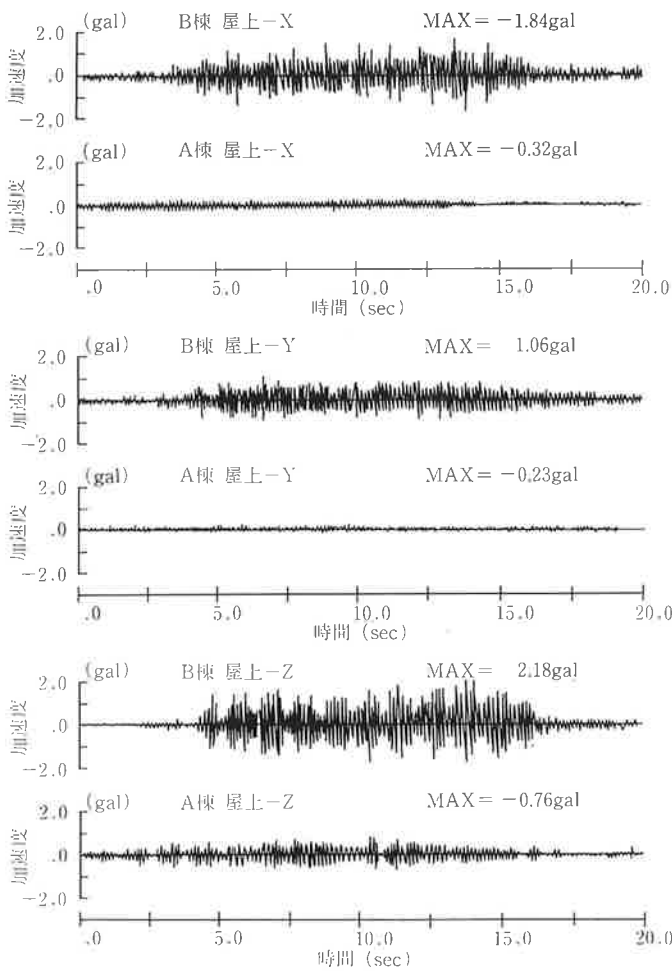


図-5 振動の低減効果

表2 免震建物と在来構造物の最大加速度

	免震 (A)	在来構造 (B)	比率 (A/B)
X方向	0.316 gal	1.840 gal	0.17 (1/5.8)
Y方向	0.232 gal	1.060 gal	0.22 (1/4.6)
Z方向	0.761 gal	2.180 gal	0.35 (1/2.9)

安全性と共に防振性も強く要求された建物ですが、免震技術を採用することで、これらの要求をうまく解決しています。

まさに、免震の特性が理想的に生かされた建物であると感心しました。

免震建物を提案した設計者の確かな判断力、また、これを受け入れた建築主の理解と先見性を大いに評価したいと思います。

おわりに、本文中の図表、写真の一部は、以下の資料より引用させていただきました。関係の方々に感謝致します。

“（財）東京都老人総合研究所パンフレット”  
 “大林組技術研究所報”

も相当な効果がでていることがよくわかります。

図-5に横(X)、縦(Y)、高さ(Z)方向の測定結果を示します。また、表-2に最大加速度を示します。

今回訪問したポジトロン医学研究施設は、高い耐震

# 天然ゴム系積層ゴムの特徴

昭和電線電纜株式会社 西川 一郎



## 1. はじめに

前号で免震用積層ゴムの特徴が概論的に紹介されたがその中で記された代表的積層ゴムの特徴を今後数回に渡って連載する。本報ではまず、最もポピュラーな天然ゴム系積層ゴムについて紹介する。

## 2. 天然ゴム系積層ゴムとは

御存知のように、ゴムの木の樹液から得られる天然ゴムは最もゴムらしいゴムと言われ、多くの合成ゴムが使用される現在でも輪ゴムなどに使用されているように、大変形後でも完全に復元する優れたゴム状弾性を有し、かつ破断時の引張強さ、伸びが大きく積層ゴムの要求特性に最も適したゴム材料である。

図-1に免震の原理を示す。積層ゴムを使用した免震システムの場合、短周期の地震力が積層ゴムの水平方向の柔かさにより、長周期のゆっくりした振動に変化するがその変形量は大きくなる。そこで免震システムとして減衰機能を付与する事により変形量が抑えられる。従って積層ゴムを使用した免震システムには以下の機能が必要となる。

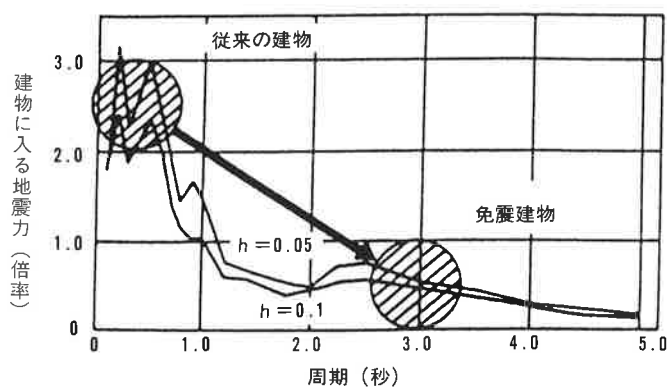


図-1 免震の原理<sup>1)</sup>

- 大荷重を支持する機能 (高い鉛直剛性および耐クリープ性)
  - 周期を伸ばす水平方向の柔かさ (低い水平剛性)
  - 大変形にも耐える復元性能 (優れたゴム状弾性と高い破断性能)
  - 更に、変形を抑える減衰機能 (ダンパー機能)
- 天然ゴム系積層ゴムの特徴は後述する力学的特性から

もわかるようにその優れたゴム状弾性から減衰をほとんど持たない線形の荷重-変位履歴曲線を示す。従って天然ゴム系積層ゴムの場合は、各種ダンパーとの併用が必要となる。しかし裏がえせば、積層ゴムのバネ機能とダンパーの減衰機能を分離する事により各種組合せが可能となり、多様な免震設計が可能になると言える。

図-2に積層ゴムの構造図を示す。このタイプは通称鋼板露出型と呼ばれており、経年劣化に対処する為の被覆ゴムを成型後、後付けしている。被覆ゴムを同時成型する被覆型積層ゴムも存在する。積層ゴムの形状を決める主要要素は直径D、ゴム厚 $t_R$ 、およびゴム層

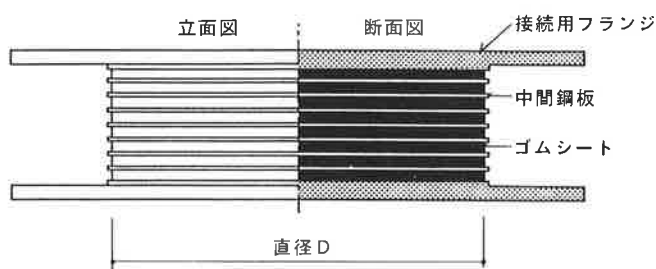


図-2 種層ゴム構造図

数 $n$ である。積層ゴムの性能に関するパラメーターとして1次形状係数 $S_1$  ((1)式)と2次形状係数 $S_2$  ((2)式)が使用されている。

$$S_1 = D / 4 t_R \quad (1)$$

$$S_2 = D / n t_R \quad (2)$$

$S_1$ が大きいほど直径に対するゴムシート厚さは薄くなり鉛直剛性や曲げ剛性が大きくなる。 $S_2$ は載荷能力や水平剛性に関連し、 $S_2$ が大きくなるほど積層ゴムは扁平になり座屈を起しにくくなる。一般に $S_2$ が5以上では座屈を起しずらく3~4では面圧が大きくなるとせん断変形時復元力特性が負勾配となり座屈現象を生じるという報告もある<sup>1)</sup>。

## 3. 天然ゴム系積層ゴムの性能

天然ゴム系積層ゴムの力学的特性を以下に示す。

(1) 鉛直剛性 図-3に圧縮応力と圧縮ひずみの関係を示す。積層ゴムの載荷能力に関連する鉛直剛性( $K_V$ )はこの履歴曲線の傾きより求める。通常、鉛直剛性は数千ton/cmのオーダーで数ton/cmオーダーの水平

平剛性の約1000倍に相当する。

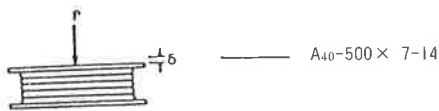
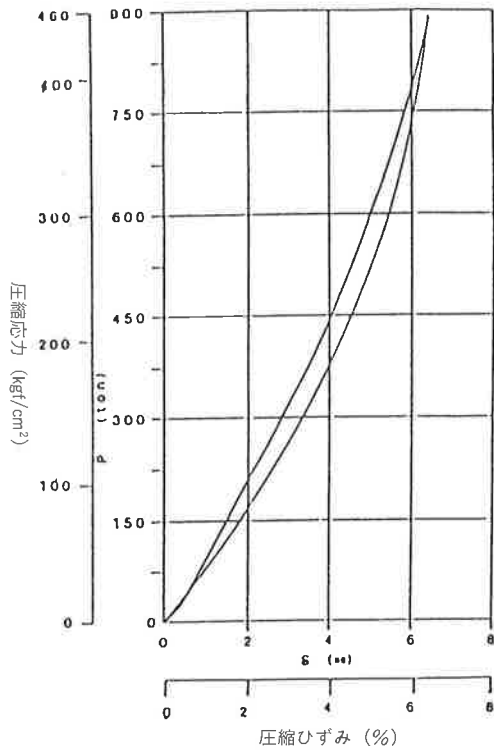


図-3 圧縮方向の復元力特性<sup>1)</sup>

(2) 水平剛性 図-4 に水平応力とせん断変位の関係を示す。履歴曲線はほぼ線形で減衰はわずか2～3%である。

水平剛性 ( $K_H$ ) はこの履歴曲線の傾きより求める。この履歴曲線の傾きを水平応力とせん断ひずみに換算した値がせん断弾性係数  $G$  ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ) でゴム材料特性値として使用されている。現在使用されている天然ゴム系材料は  $G$  が  $4 \sim 8 \text{ kgf}/\text{cm}^2$  程度のものがほとんどである。

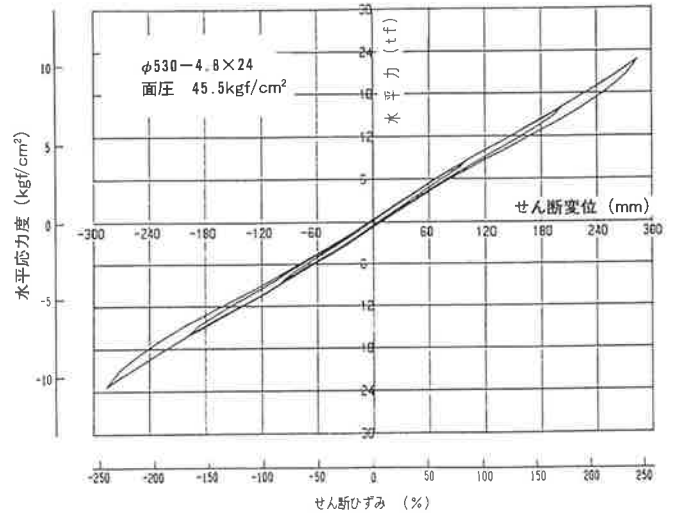


図-4 復元力特性<sup>1)</sup>

(3) 変形性能 (線形限界と破断性能)

図-5 に天然ゴム系積層ゴムの圧縮せん断破断時の荷重—変位履歴曲線を示す。せん断変形率の増加に伴いせん断応力度は直線的に増加するがこの領域では水平剛性はほぼ一定である。250%程度の変形率でせん断応力度が急に増加するハードニングを示し始める。ハードニングは免震層の変位を抑制する方向に働くが、

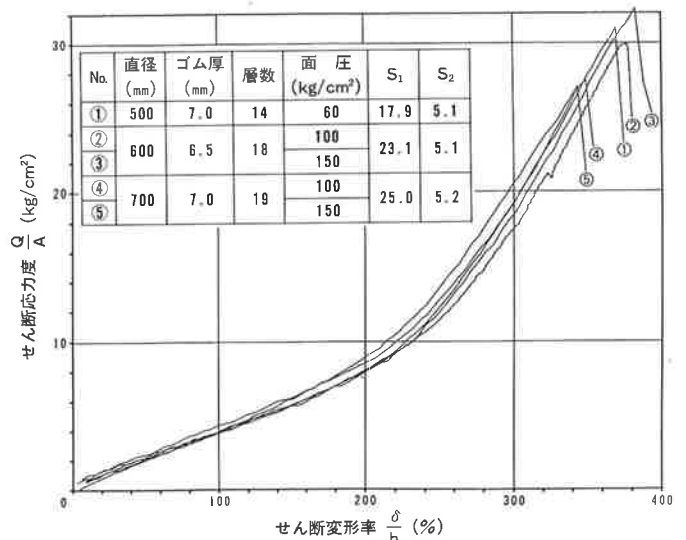


図-5 天然ゴム系積層ゴムの破断実験<sup>2)</sup>



せん断力が大きくなるので、上部構造への地震力の伝達が増幅される。従って通常の積層ゴムの設計変位(関東大震災等の巨大地震時を想定した変位)は積層ゴムの線形限界変位以下にしている場合が多い。さらにせん断変形率を増加していくと、せん断応力度は急激に増加し400%近いせん断変形率で積層ゴムは破断に至る。天然ゴム系積層ゴムは線形限界変位を越えても載荷能力には問題はなく、又十分な復元力を有しているので、積層ゴムの限界性能は設計変位に対し十分マージンを持っている事になる。図-6は積層ゴムの破断ひずみと引張り/圧縮応力の関係を示している。圧縮側の破断ひずみは400~600%の範囲にあるが引張側では引張力の増加に伴い、破断ひずみは低下している。

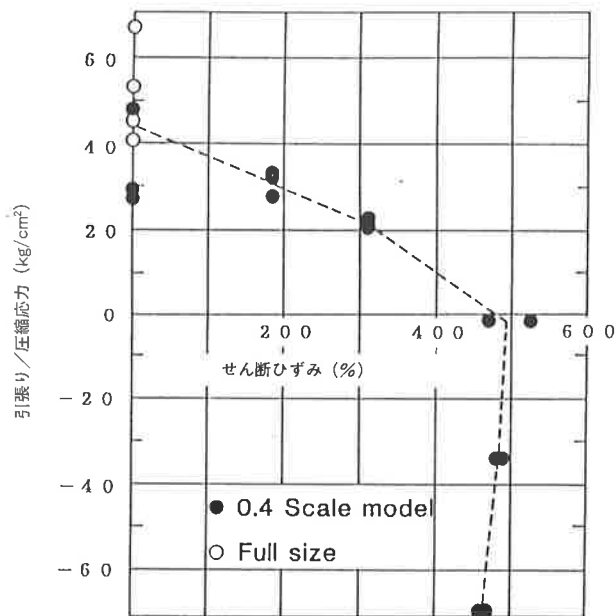


図-6 積層ゴムの破断限界<sup>3)</sup>

(4) 各種依存性

鉛直剛性、水平剛性は測定時の荷重、変位、速度そして温度などの試験条件によって変化する可能性がある。天然ゴム系積層ゴムの場合、これら試験条件への依存性が比較的小さいといわれている。ここでは詳細は省略するが、これら依存性については日本ゴム協会発行の「免震用積層ゴムの利用技術に関する研究報告書」<sup>1)</sup>に記載されているので御興味のある方は参照されたい。しかし天然ゴム系積層ゴムでもこれら依存性が全くないわけではなく、又天然ゴム配合も各社各様なので、これら依存性を厳密に考える場合には、確認する必要があると考える。

(5) 耐クリープ性

これまで示した特性は、主に地震時に必要な項目だが免震建物を長期にわたり支持する積層ゴムの場合、建物寿命に相当する長期耐久性が必要である。積層ゴムの劣化特性については本特集「積層ゴムの歴史」でも記されているように天然ゴム製品の劣化特性が優れている事が報告されており、又、積層ゴムの場合、被覆ゴムを設ける事によりさらに優れた耐劣化特性を有する事が確認されている。

ここでは長期軸力に対する寸法安定性として耐クリープ性について示す。図-7は建物に相当する荷重を載荷した状態でのクリープ量の経時変化を示している。これらの実験結果より面圧100kgf/cm<sup>2</sup>程度で50~100年後のクリープ量は2~3mm程度であると推測されている。

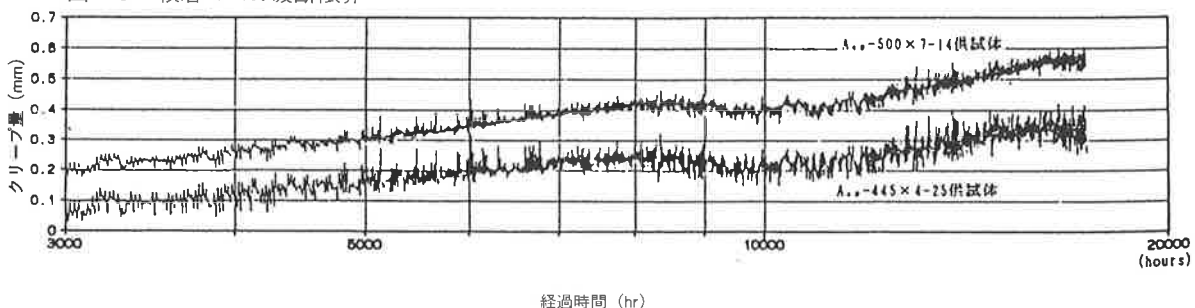


図-7 圧縮クリープ特性の実験結果<sup>4)</sup>

#### 4. 最近の動向

天然ゴム系積層ゴムの最近の動向として長周期化(高面圧化)の方向があげられる。従来、積層ゴムの固有周期は2～3秒で設計されるものが多かった。最近、地盤条件の悪い第3種地盤への建設や、長周期の設計地震動へも対応できるものとして免震建物の長周期化が望まれ4～5秒の固有周期を持つ積層ゴムへの要求が出つつある。

ダンパーの剛性を無視した積層ゴムの水平剛性に基づく建物の周期は次式で与えられる。

$$T_f = 2\pi \sqrt{W/K_H \cdot g} \quad (3)$$

$T_f$ : 積層ゴム群のみの水平剛性に基づく周期

$W$ : 建物総重量

$K_H$ : 積層ゴム群の水平剛性

$g$ : 重力加速度

建物重量と積層ゴムの水平剛性を面圧( $\sigma$ )とせん断弾性係数( $G$ )に置き換えると次式が与えられる。

$$T_f = 2\pi \sqrt{nt_R \sigma / G \cdot g} = 2\pi \sqrt{D\sigma / S_2 G g} \quad (4)$$

本式より $D$ および $\sigma$ を大きく、 $S_2$ および $G$ を小さくする事により長周期化が可能になる。前述したように高面圧下での座屈を考慮すると $S_2$ は5以上が好ましく、又、材料特性である $G$ は長期クリープなどを考慮すると現状では4 kgf/cm<sup>2</sup>は必要と考える。従って長周期化を達成するには面圧を上げる事が最も容易である。これまでの免震建築では積層ゴムは面圧50～100 kgf/cm<sup>2</sup>で使用されているが固有周期4～5秒を達成するには面圧150～200kgf/cm<sup>2</sup>程度が必要である。図-8に天然ゴム系積層ゴムの圧縮破壊の実験結果を示す。面圧1000kgf/cm<sup>2</sup>程度で降状したような挙動を示し、面圧1500kgf/cm<sup>2</sup>程度で圧壊した。圧壊強度は現状の使用面圧の10倍以上と高く、高面圧での使用も十分可能と考える。写真-1は破断面の状況だが、中間鋼板の中心孔部分から中間鋼板の破断が開始している事がわかる。この中心孔は積層ゴムを製作する際に均質な加硫、および良好な接着を得、かつ被覆型積層ゴムの場合には中間鋼板が縦方向に整列する為にも必要だが、鋼板の中心孔がせん断変形時の鋼板の降状にも影響するとの報告もある<sup>6)</sup>。従って高面圧下での使用を考え

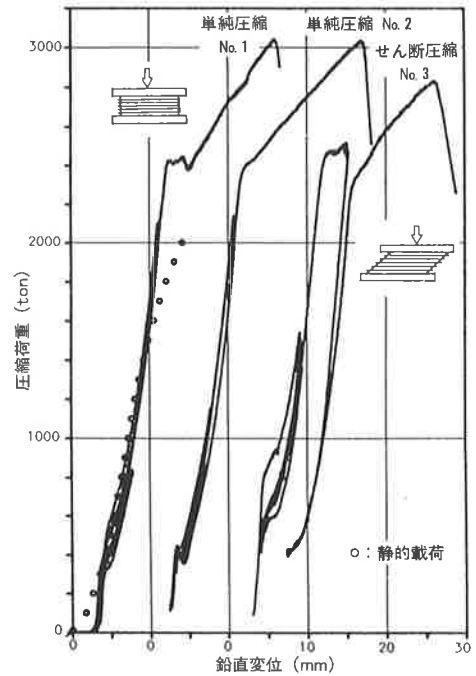


図-8 天然ゴム系積層ゴムの圧壊実験<sup>5)</sup>

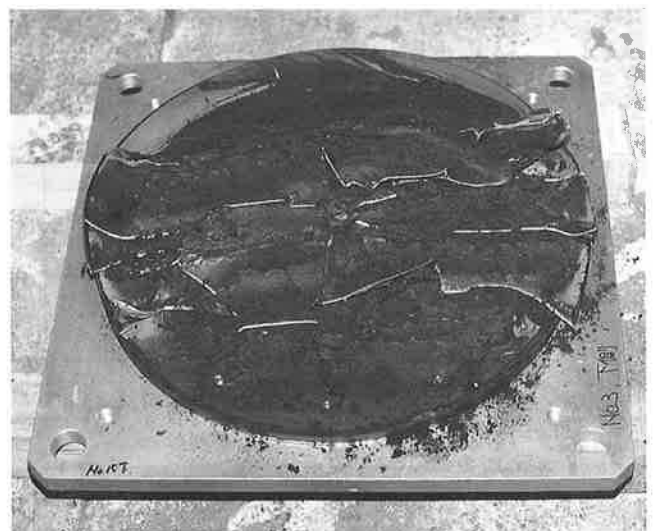


写真-1 破断面の状況<sup>5)</sup>

る際には、中間鋼板の厚さや、中心孔の大きさに関しても注意が心要と考える。

以上の情報からも固有周期4～5秒を達成するための面圧150～200kgf/cm<sup>2</sup>での使用は十分可能と考えるが、これを確実にする為にも常時面圧150～200kgf/cm<sup>2</sup>および短期面圧300kgf/cm<sup>2</sup>程度での圧縮せん断特性および常時面圧での長期クリープ性能の確認が必要と考える。これら高面圧での性能確認の早期実施および公開が待たれる。

#### 5. おわりに

天然ゴムの優れた機械特性を生かした最もポピュラーな積層ゴムが天然ゴム系積層ゴムである。減衰をほとんど持たない積層ゴムなので、本来適切なダンパーと組合せた免震システムとして見て、その特徴がより明らかになると感じるが、今回は積層ゴムの特徴を示すに止めた。従って、その特徴を十分御理解頂けたか若干不安な所もある。現在、天然ゴム系積層ゴム製品は数社が手がけているが、各社の製品リストが当協会技術委員会発行の「やさしい免震構造の設計（案）」に添付されているので参照願いたい。

#### 参考文献

- 1) 山崎 他：日本ゴム協会、免震用積層ゴムの利用技術に関する研究報告書
- 2) 秋山 他：建築学会 免震構造設計指針
- 3) 藤田 他：日本機械学会論文集 53-485c77  
建築免震用の積層ゴムに関する実験的研究
- 4) 多田 他：福岡大学工学集報 第45号 平成2-9  
Isolatorのクリープ実験
- 5) 多田 他：日本建築学会大会学術講演梗概集 1991 (595)  
積層ゴムアイソレータの限界耐力に関する実験研究
- 6) 高山 他：日本建築学会大会学術講演梗概集 1994 (2388)  
積層ゴムアイソレータ中間鋼板の設計

# 「第1回免震建築フォーラム」を終えて

広報委員会

当協会も発足して1年を過ぎ、ようやく活動も軌道に乗り、活気を帯びてきています。

さる8月31日には、今後の免震構造の健全な発展と普及をはかるために、建築主、建築家、技術者に広く、免震建築とはどのようなものかを理解してもらおうと、建築会館ホールにおいて『免震建築フォーラム』が開催されました。

丁度、1月にノースリッジ地震があり、免震建築は、初めて大きな地震の洗礼を受けましたが、USC病院をはじめ、免震建物は、いづれも優れた性能を発揮することができ、免震建物の安全性を、一躍、世の中に認識させることになりました。そのためか、関心が高く、参加者数が、予想を大幅に上回る盛況となりました。参加希望者数は午前255名、午後319名に及び、断るのに嬉しい悲鳴をあげるような状態でした。

当日のテーマや講演は、午前中はオーナーや建築家を主な対象として、午後は構造技術者を対象として選定されました。

また、米国からも8名の専門家を招待して、講演と討論へ参加していただきました。

冒頭に、梅村会長から『地震は、まだわからないことが多く、耐震性を理論や解析だけで判断することは不十分であり、実際の地震による経験と合わせて初めて信頼できるものとなる。ノースリッジ地震の経験を、免震構造の健全な発展に生かしてほしい』と言う趣旨の挨拶がありました。

この後、山口副会長から、フォーラムの主旨について説明があり、続いて、当協会から派遣したノースリッジ地震調査団の調査報告が行われました。詳細な報告書は、当協会から「米国に於ける免震建物の現状調査報告書」として発行されています。

また、イアン・アイケン・ディビッド・フォルキンバーク両氏からは、米国における免震技術、建物の現状が紹介されました。現在、予定も含めて26棟あり、緊急施設や病院に多く適用されていますが、レトロフィットも12棟あるそうです。

これらを総合して、免震建物をどう評価するか、ノースリッジ地震での効果なども含めて、日米の意見交換や討論が行われました。

午後は、協会の積極的な活動の一環として技術委員会がまとめた「やさしい免震構造の設計」が紹介されました。

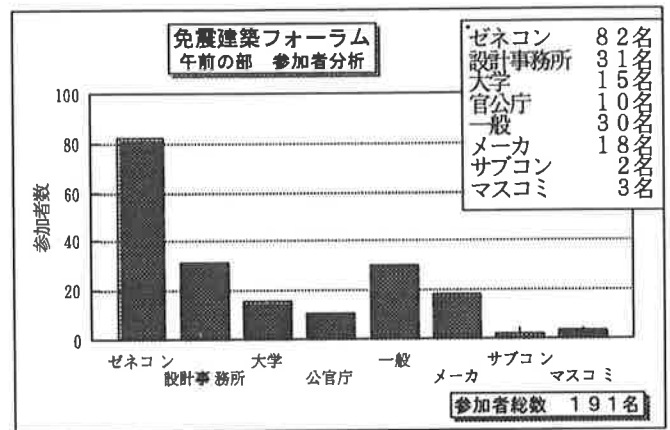
このほかに、特別講演が、福岡大学多田教授と、カリフォルニア大学地震工学研究所のピーター・クラーク氏により行われました。

ク氏により行われました。

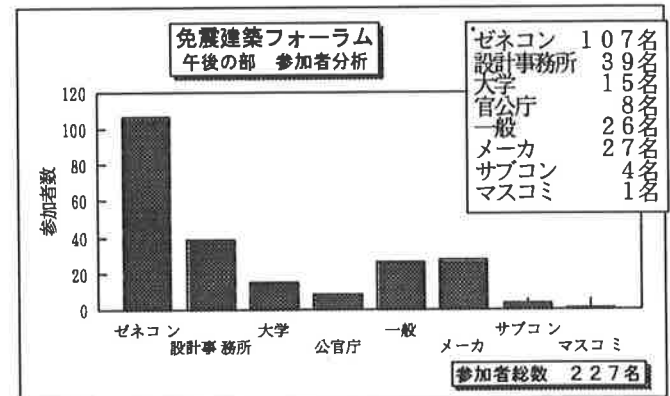
多田教授からは、日本における免震構造の草分けとして、その歴史と、独自の研究成果などを、また、クラーク氏からは、米国における免震建築の現状と今後の普及の課題などについて報告されました。

最後に、「免震構造への取組」というテーマで日米討論会が行われ、会場からも活発な質問、意見がだされ、非常に有意義にフォーラムを締め括りました。

(三浦)



参考図1 午前の部



参考図2 午後の部

免震フォーラム参加者分析



免震フォーラム会場風景

# 免震構造研究の動向 建築学会大会(東海)

(株)奥村組 早川 邦夫



残暑が残る9月の8日(木)から11日(日)までの4日間、名古屋市の名城大学キャンパスにおいて1994年度日本建築学会大会(東海)が開催されました。

建築学会の全国大会は全国の建築関係者の官庁・大学・企業から延8000名を越す参加者と5000編にもおよぶ学術講演があります。同時に研究協議会・パネルディスカッション・記念講演等で4日間みっちりスケジュールが組まれ、さすが3万人を越える日本でも有数の学会であることが窺われます。一方、学術講演の発表を分野別でみると材料・構造・環境・計画・歴史等の建築関係を網羅した形での発表が5000編あり、そのうち構造部門は2000編と約4割を占めています。

免震構造に関する発表は2日目の全日1日で、件数は過去最大の90年(中国)の75編から減少傾向にあり42編(編成プログラムより)の発表に留まっています(各年の免震と制震の分類が必ずしも一定しない面がありますが)。他に原子力免震の分野で8編の発表がありました。

これは当協会の発足や学会の設計指針の改定と免震構造に関する一定の技術の集大成が行なわれたことにより、研究・開発から普及の段階に入っているためと考えられます。また、ここ3年は制振構造の発表件数が150編前後あり学術研究の主体が制振構造に移っているように思えます。

また、最終日のパネルディスカッション「1994年ノースリッジ地震」では住友建設の宮崎氏より、本年4月に実施した当協会の調査結果に基づいたUSA病院の地震時挙動を中心に、アメリカの免震建築の現状と今後について話題提供が行なわれました。

発表件数50編の内容は装置関係で新しい積層ゴムやダンパーの実験的研究報告、積層ゴムの解析・設計やモデル化、応答性状に関する発表があり、装置関係では解析が主になっているようでした。また、実建物の免震システムの紹介、地震観測、維持管理、床免震、機器免震と内容は種々にわたっていましたが、斬新で精力的な研究が少なくなってきたように感じました。会場の大きさも200名程度収容できる教室から、100名程度の教室になっており、かつての会場を沸かすよ

うな議論や熱気に乏しく、また、発表時間の関係から討論の時間が十分ではないように感じられました。これは大会運営上の問題と思われませんが、質疑により多くの時間を割り当てるようなプログラムが望まれます。

建築学会構造委員会の従来の免震構造小委員会を発展解消し、新たに発足した4小委員会(①動的外乱に対する設計合同小委員会(主査:岡田恒男東大教授)②設計体系小委員会(主査:秋山宏東大教授)③免震構造小委員会(主査:和田章東工大教授)④構造物の振動制御小委員会(主査:井上豊阪大学教授)が発足し、合同の懇親会があり、約50名が名古屋の地で旧交を温めました。席上、免震構造が投げかけた、動的外乱に対する設計(性能明示型のデザイン)をこれから耐震構造や制振構造でも考えていかなければならないというような発言がありました。免震構造においても既存の設計体系に投げかけた問題に対し、それにこたえるべく一層の研究を継続していくことも大切ではないでしょうか。

免震構造においては普及の段階に入って、物件は大型化しているものの、物件数は伸び悩みの傾向にあり、アメリカで見られるようなレトロフィットや病院・学校などの適用普及が当協会の大きな仕事ではないでしょうか。普及が進めばまた新たな視点からの問題意識(研究課題)が生じ、研究がさらに前進するようになると思われます。

今後協会は免震構造の普及に努め、建築学会が学術的なバックアップをする。この2本の柱の関係を今後も期待したい。

# 日本免震構造協会のフォーラムに想う

カリフォルニア大学バークレー校 Peter W. Clark



会員みなさまへ

PETER CLARK

免震構造フォーラムにご招待いただきまして大変ありがとうございました。

このフォーラムに貢献できたことを幸せに思っています。スピーカーと聴衆との間で情報交換ができたことは大変有意義なことであり、特に聴衆からの質問やパネルディスカッションが日米間の設計フィロソフィの違いを比較・対照するのに大変興味深いものでありました。耐震構造における免震構造の適用の増加に関する様々な問題が惹起しており、それらは設計のアプローチの仕方、システムの種類、最近の地震観測の結果、社会・経済的障壁、各種試験の要求、長期間のメンテナンスとモニタリングプログラム、さらに耐久性の問題などであります。

我々がこの技術の利点と限界を完全に理解しさえすれば、すでに過去20年以上にわたる日、米、ニュージーランドで行われてきた研究・開発をふまえ、ためらうことなく建築主や建築家に免震構造を推薦でき、かつ、今こそ、大規模に免震構造を実施できるときなのです。

我々の訪ねた日本の免震構造を見ても1994年までの技術の成熟が感じられます。特に三田の西日本貯畜事務センターはいくつかの顕著な転機を示していると思われます。そのひとつは日本で竣工した最大規模のものであって、日本での70例に及ぶ免震構造のほとんどが民間建築であるなか、公共機関の建物として最初のものであるということです。米国での免震構造の大半が政府機関に関わる建物であるのとは本質的に異なっているため、新技術の推進に際して政府の果たす役割ということが今回の旅行中にしばしば話題になりました。私はこの郵政の建物での免震構造の首尾良い実施が将来の日本の公共建築の計画に対して公共機関の方々の免震構造の採用の決定に影響を与えるものと考えます。次に、この建物での重要な事項として種々の異なった免震部材が配されたということです。ここで用いられたそれぞれの部材が同じように性質を発揮できるという段階にきているともいえます。すなわち、部材製作者での競争によって低コストでよりよい質の製品を作

ることができ、免震構造でよく話題になるイニシャルコストの低減にもつながっています。

米国の技術者にとって記憶に新しいノースリッチ地震や日本の北海道東方沖地震は建物がいかに被害を受け易い環境下に建てられているかということを改めて我々に思い知らせる出来事でした。

そのためにも、我々は、地震から建物を守る優れたかつ有効な免震構造の各国の採用に向けての努力を続けることが肝要です。

J S S Iがこの分野での将来の発展に重要な役割を果たすものと確信し、かつ将来の幾多の共同作業を期待するものであります。

(要訳 東京建築研究所 可見長英)

### 技術委員会

委員長 和田章

技術委員会では、6月の総会に予告した「やさしい免震構造」を8月31日の免震構造フォーラムに合わせ発行するため、原稿、図面の確認や読み合わせなどを頻繁に行い、フォーラムに来られた建築主、建築家、構造設計者などの人達に製本した本をお渡しすることが出来ました。このときに発行したのものには、まだ未完成なところがあると思われるので、(案)を付けて発行することとし、来年には、正式に単行本として発行したいと考えています。会員の皆様からの貴重なご意見をお待ちしています。

あと5年と少しで西暦2000年を迎えます。我が国でも、米国でも21世紀に向けて構造設計の新しい考え方やその在り方が議論されています。この中では「性能明示型設計法」、英語では“Performance Based Design”という考え方が取り上げられようとしています。耐震設計で言えば、小地震動、中地震動、大地震動などの地震動の強さに応じて、構造物本体、2次部材、内容物などが受ける被害の状況を整理し、その受ける被害状況のレベルによって、建築構造の持つ耐震性能を計り、耐震設計を行おうとするものです。

現状を振り返ると、建築構造の設計に当たって、構造設計者は建築主や社会に大地震の際の構造物本体の安全性、被害の状況については説明していると思いますが、2次部材や内容物が受ける影響までを正しく伝えているとは思われません。中層建築においてその耐震性能を層間変形、塑性率だけでなく、建物内部に生じる加速度までを含めて評価することにしたなら、答えは免震構造しかありません。

本委員会は、免震構造の持つ素晴らしい性能を、一般の人、建築主、建築家、免震構造を手掛けたことのない構造設計者などへ、正しく伝えることに重点を置いて次の活動を進めたいと考えています。

### 規格化・標準化委員会

委員長 寺本隆幸

規格化WGでは、免震部材を計るための“物差し”作りを進めている。例えば積層ゴムの水平剛性を計る場合、今までは加力条件・測定方法などを各人各様に設定していたために、同じ部材でもある人が計ると1.0t/cmで、別の人が計ると1.1t/cmという状況が見られた。今後は“物差し”を皆で共有し、データの共通化に役立てたいと考える。現在、天然ゴム系積層ゴムアイソレータを対象として、形状・材料特性・製作方

法・保有性能に関わる呼称・用語の定義、及び性能の評価方法を規格化しており、引き続いてダンパーを対象とする予定である。

維持管理WGでは、当協会が今年11月に竣工する免震建物の維持管理業務を受託すべく、維持管理契約書・点検要領書の作成を進めている。「協会と設計者の役割分担は」、「通常点検は建物管理者と協会の何れが実施するか」、「(外部に委託する)点検実施技術者の育成方法は」、「地震観測に関わるべきか」といった基本方針について、協会がいかに対応すべきかを踏まえて方向性を探っている。今回作成する資料は、今後協会が維持管理業務を受託する際のプロトタイプであると共に、免震建物の維持管理の標準的方法を提案するものであると考えている。

### 広報委員会

委員長 須賀川 勝

8月31日に建築会館で行われたフォーラムには実物やパネル展示も併せて行われ、多くの広報委員の皆さんが残暑厳しい中準備のため参加されました。フォーラムの方は参加者も多く大盛況で、ほっとしているところです。11月8日(火)にブリヂストン横浜工場で見学会が行われました。工場を初め関係者の皆様のご苦勞のおかげで多教の方が参加されこちらは大盛況でした。この欄をお借りしてご協力いただいた各位に感謝いたします。

見学会の詳細な報告は次号でさせていただく予定です。会誌6号の執筆編集は小幡・三浦・酒井・菅の4氏が担当され、フォーラムの準備と重なりながらも頑張っていたいただきました。

当委員会では年4回発行される会誌を軸に普及活動を行っていますが、はたして効果はどうか気になるところです。しかし8月と11月に行われた見学会参加者数や見学会の盛況振りを見る限り、着々と普及範囲は広がりつつあるという手応えが感じられます。参加されていた方の所属も各方面に分布していて、一部の限られた人の技術でなくなってきた方向が見えるのは、良い傾向ではないかとと勝手に解釈しております。

### 運営委員会・事務局

副会長 山口昭一

8月31日、本年度総会に次ぐ大イベントである免震フォーラムが日本建築学会建築会館ホールで建築主、建築家、構造設計者、研究者など400名以上を集めて開

## 委員会の動き

催され、成功裏に終わった。

今回のフォーラムは会費を無料とした。主な支出は会場費55万、同時通訳35万、展示費31万、レジメ印刷費25万、宿泊・交通費80万、計226万であった。

夕刻懇親会が行われ75名参加、3000円の会費で収入は23万支出は31万で8万の赤字であった。このほか、フォーラムで使用したテキストは収入が32万支出が印刷代29万で3万の黒となった。

フォーラムの反省会が9月26日事務局で行われこのような免震フォーラムは次年度以降一つの事業として考えることとした。

この間、9月の震災予防月間を機に、19日の建設通信新聞に免震フォーラムの様子がPRされた。

### ■委員会等活動状況

(1994.7.21~1994.10.29)

月日	委員会名簿	場所	出席者
7.21	技術委員会「アイソレータの性質及び接合法」WG	事務局	6名
同	技術委員会「略設計法」WG	同	7名
同	規格化・標準化委員会「規格化」WG	同	14名
同	免震フォーラム打ち合せ	同	5名
7.26	技術委員会	鉄鋼会館	29名
7.27	第9回事務局会議	事務局	7名
8.1	広報委員会「会誌5号編集」WG	同	7名
同	広報委員会	同	15名
8.8	広報委員会WG	同	8名
8.9	フォーラム打ち合せ	同	5名
8.10	フォーラム打ち合せ	同	5名
8.11	広報委員会「会誌6号編集」WG	同	4名
8.13	技術委員会WGリーダー会議	同	7名
8.18	フォーラム打ち合せ	同	9名
8.20	技術委員会「やさしい免震構造の設計」編集会議	同	8名
8.24	8月通信理事会		41名
8.25	規格化・標準化委員会「維持管理」WG	事務局	12名
8.31	免震・建築フォーラム	建築会館	418名
9.21	9月通信理事会		41名
同	第10回事務局会議	事務局	6名
9.26	フォーラム報告会	同	12名
9.29	規格化・標準化委員会「規格化」WG	同	11名
10.18	第6回技術委員会	鉄鋼会館	25名
10.19	10月通信理事会		41名
10.25	広報委員会「会誌6号編集」WG	事務局	8名
10.27	規格化・標準化「維持管理」WG	同	8名
10.29	通信運営委員会		21名



## 新入会員

	社名	代表者	所属・役職
第1種正会員（法人）	三菱重工業株式会社	戸田 浩道	火力プロジェクト部長

	氏名	所属
第2種正会員（個人）	大熊 武司	神奈川大学工学部建築学科 教授
	花井 正実	近畿大学工学部建築学科 教授
	森田 慶子	福岡大学 工学部建築学科 助手
	矢野 克巳	株式会社 日建設計 参与
	山田 稔	関西大学工学部建築学教室 教授

	社名	代表者	所属・役職
賛助会員（法人）	伊藤組土建 株式会社	五百藏健行	技術部長
	NTT 都市開発株式会社	関谷 辰延	代表取締役社長
	プリジストン建築用品東京株式会社	二瀬 安二	代表取締役
	株式会社 横山建築構造設計事務所	高橋 勝	代表取締役

	氏名	社名
賛助会員（個人）	江藤 一治	黒沢建設株式会社 仙台営業所
	木原 隆明	株式会社 福田組
	木村 正彦	日本原燃株式会社
	斉藤 裕久	有限会社 さいとう構造設計
	末木 和彦	末木建築設計事務所
	田嶋 成幸	田嶋建築構造設計事務所
	David R. Van Volkinburg, S. E.	Dynamic Isolation Systems, Inc.
Ian Aiken, Ph. D. P. E	Earthquake Engineering Research Center	
Peter W. Clark	Earthquake Engineering Research Center	

日本免震構造協会会員数 (94年10月25日現在)	第1種正会員（法人）	60社
	第2種正会員（個人）	48名
	特別会員	4名
	賛助会員（法人）	47社
	賛助会員（個人）	42名

# 入会のご案内

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

	入 会 金	年 会 費
第1種正会員(法人)	200,000円	1口 200,000円
第2種正会員(個人・学会員)	5,000円	5,000円
特別会員(団体・協会)	別 途	
賛助会員(個人・法人)	5,000円	5,000円

定款により、会員種別は下記の通りとなります。

- (1) 第1種正会員  
免震構造に関する事業を行うもので、本協会の目的に賛同して入会した法人
- (2) 第2種正会員  
免震構造に関する学識経験を有するもので、本協会の目的に賛同して入会した個人
- (3) 特別会員  
免震構造に関連する学会及び団体で、本協会の目的に賛同して入会したもの
- (4) 名誉会員  
免震構造に関し、特に功績のあったもの又は本協会に特に功労があったもので、総会において推薦されたもの
- (5) 賛助会員  
本協会の主旨に賛同して入会した個人又は法人

ご不明な点は、事務局までお問い合わせ下さい。

## 日本免震構造協会事務局

東京都新宿区信濃町20  
(株)東京建築研究所内  
事務局長 山口昭一  
Fax:03-3359-7173  
Tel:03-3359-6151

# 日 本 免 震 構 造 協 会 入 会 申 込 書

<b>会員コード*</b>		<b>申込日</b>	199 年	月	日
<b>会員種別</b> ○をつける	特別会員 第1種正会員(法人) 賛助会員(法人)	第2種正会員(個人) 賛助会員(個人)			
<b>入会者</b> (法人会員の 場合担当者)	フリガナ				
	印				
	所属				
<b>勤務先</b>	( ☎ - )	☎ - - FAX - -			
<b>自宅</b>	( ☎ - )	☎ - -			
↓ 以下は法人会員のみ記入ください。					
<b>法人名</b> (法人会員)	フリガナ		第1種正会員の場合のみ		
			口数	口	
<b>入会代表者</b>	フリガナ				
	印				
	役職				
<b>住所</b>	( ☎ - )	☎ - - FAX - -			

\*本協会にて記入いたします。



## インフォメーション

### 協会作成資料頒布のお知らせ

下記資料の残りが若干あります。

「米国に於ける免震建物の現況調査報告」

…………… 協会ノースリッジ地震調査団報告書

「やさしい免震構造の設計 (案)」

…………… 協会技術委員会作成

ご希望の方は事務局までご一報ください。(印刷費・送料共申込み者負担)

## 編集後記

やっと秋らしくなった11月初めに会誌6号発行のための広報委員会が行われました。

編集WGの活動が始まった猛暑の8月とは打って変わった季節の変わり様に、改めて厳しかった夏が思い出されました。季刊としての会誌発行に係わっていますと、発行までの日程を決めていく過程で自然に春夏秋冬の節目を意識してしまいます。

本誌が皆さんのお手許に届くと間もなく秋も終り、師走の風が吹き始めて気忙しい年末の頃ではないかと思われしますので、この1年を振り返ってみました。

今年はフォーラム、見学会等協会として初めてのイベントが行われました。参加された方の中には遠くから来られた方も少なくありませんし、いろいろな分野の方が僅かでも出席されていたことも成果の一つであったと思われま

す。毎回かなりの時間を活発な質疑に費やし、定刻を越えてしまいそうにもなり、有意義であったのではないのでしょうか。

また開催する度に予想を超える人数となり、関係者のご苦勞も大変なもので、2回の見学会、フォーラムでの参加者は延べ550名にもなりました。

免震構造の良き理解者を一人でも多くすることがこの技術の普及には欠かせないことです。発注者・設計者のメニューのひとつにこの技術が入っていることが重要なことなのです。

今後も広報活動の一環として様々なイベントが企画されることと思いますが、皆さんの積極的な参加とご協力をお願いして今年の総括としたいと思います。

広報委員会 須賀川 勝

1994 No.6号 平成6年11月20日発行

発行所 日本免震構造協会  
編集者 広報委員会  
協力 (株)経済選広

東京都新宿区信濃町20  
(株)東京建築研究所内  
日本免震構造協会事務局

Tel:03-3359-6151  
Fax:03-3359-7173



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

日本免震構造協会

事務局 〒160 東京都新宿区信濃町20 株式会社 東京建築研究所内  
TEL.03-3359-6151代 FAX.03-3359-7173