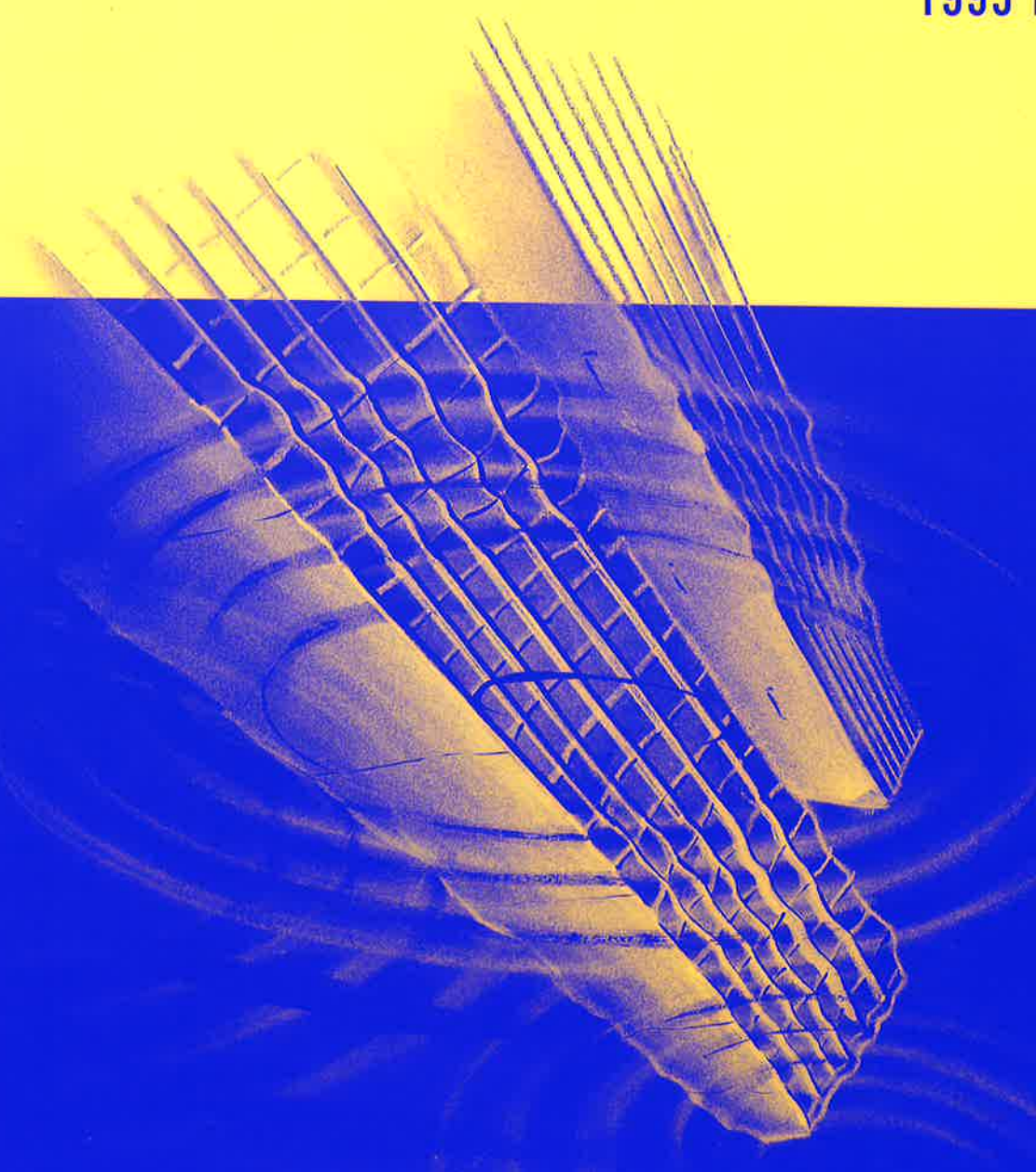


# MENSHIN

1995 NO.7 冬号



**JSSI**

Japan Society of Seismic Isolation

日本免震構造協会

# CONTENTS

|  |  |    |
|--|--|----|
| <b>Preface</b>                           | The Beginning Of Seismic Isolation Response Contrology .....   | 3  |
|  | Shinji ISMIMARU      Professor, Nihon Univ.  |    |
| <b>Highlight</b>                         | WEST Building .....  | 5  |
|  | Kimihiro KAWADA      Ministry of P.& T.<br>Katsuyuki OSADA<br>Shouichi YAMAGUCHI      Tokyo-Kenchiku Structural Engineers<br>Mitsukazu KIMURA<br>Toshiyuki NAKAZAWA  |    |
| <b>Report 6</b>                          | MSB-21 Minami Otsuka Building .....  | 10 |
|  | Nagahide KANI      Tokyo-Kenchiku Structural Engineers<br>Mitsuo MIYAZAKI      Sumitomo Construction Corp.<br>Yasunori OOI      Fujita Corporation   |    |
| <b>Series-Laminated Rubber Bearing 6</b> | .....  | 13 |
|  | The Characteristics Of The Laminated Natural Rubber<br>Masayoshi IKENAGA      Oiles Corporation  |    |
| <b>Inspection Report</b>                 | .....  | 16 |
|  | Seismic Isolation Laminated Rubber Manufacturing Plant<br>Kouki ARITA      Bridgestone   |    |
| <b>Special Contributon</b>               | .....  | 17 |
|  | ○Earthquake Simulator Test Of a Base-Isolated Reinforced Concrete Building<br>--Joint Research Between Shimizu Corp. & U.C.Berkeley--<br>Masaaki SARUTA      Shimizu Corporation<br>Masaru KIKUCHI<br>Kazuo TAMURA |    |
|  | ○Hanshin-Awaji Big Earthquake Disaster Topics<br>●Seismic Isolated Structure is the Answer<br>Akira WADA      Chairman of Technology Committee   |    |
|  | ●South Hyogo Earthquake Observation Record<br>at Matumuragumi Institute of Technology  |    |
| <b>Committee</b>                         | Technology      Akira WADA      Chairman of Committee ..   | 21 |
|  | Standardization      Takayuki TERAMOTO      Chairman of Committee  |    |
|  | Public Information      Masaru SUKAGAWA      Chairman of Committee   |    |
|  | Steering+Office Letter      Shouichi YAMAGUCHI      Vice Chairman  |    |
| <b>New Member</b>                        | .....  | 22 |
| <b>Information</b>                       | ○Condolences on the demise of Hajime UMEMURA,<br>the Chairman of JSSI .....  | 23 |
|  | Shouichi YAMAGUCHI      Vice Chairman  |    |
|  | ○The 3rd Symposium on Safety & Reliability of Structure  |    |
| <b>Application Guide</b>                 | .....  | 25 |
| <b>Application Sheet</b>                 | .....  | 26 |
| <b>Postscript</b>                        | .....  | 27 |

# 目次

|              |                                 |                   |       |       |
|--------------|---------------------------------|-------------------|-------|-------|
| 巻頭言          | 私事「免震応答制御学」事始め……………             | 3                 |       |       |
|              | 日本大学教授                          | 石丸 辰治             |       |       |
| 最近の免震構造紹介    | WESTビル……………                     | 5                 |       |       |
|              | 郵政大臣建築部設計課                      | 川田 公裕 長田 勝幸       |       |       |
|              | 東京建築研究所                         | 山口 昭一 木村 充一 中澤 俊幸 |       |       |
| 免震建築訪問記-⑥    | MSB-21南大塚ビル……………                | 10                |       |       |
|              | 東京建築研究所                         | 住友建設              | フジタ   |       |
|              | 可児 長英                           | 宮崎 光生             | 大井 康敬 |       |
| シリーズ         | 鉛プラグ入り積層ゴム……………                 | 13                |       |       |
| 「積層ゴムのおはなし」⑥ | オイレス工業                          | 池永 雅良             |       |       |
| 見学会報告        | 免震積層ゴム製造工場見学会をおえて……………          | 16                |       |       |
|              | ブリヂストン                          | 有田 興紀             |       |       |
| 特別寄稿         | ○鉄筋コンクリート造免震構造物の振動台実験……………      | 17                |       |       |
|              | —カリフォルニア大学バークレー校との共同研究—         |                   |       |       |
|              | 清水建設                            | 猿田 正明             | 菊池 優  | 田村 和夫 |
|              | ○「阪神淡路大震災関連」トピックス               |                   |       |       |
|              | ●こたえは免震構造                       | 技術委員長             | 和田 章  |       |
|              | ●兵庫県南部地震観測記録結果                  | 松村組技術研究所          |       |       |
| 委員会の動き       | ○技術委員会○企画化・標準化委員会……………          | 21                |       |       |
|              | ○広報委員会○運営委員会・事務局                |                   |       |       |
| 新入会員         | ……………                           | 22                |       |       |
| インフォメーション    | ○梅村 魁先生の訃報に接して……………             | 23                |       |       |
|              | 東京建築研究所                         | 山口 昭一             |       |       |
|              | ○第3回構造物の安全性・信頼性に関する<br>国内シンポジウム |                   |       |       |
| 入会のご案内       | ……………                           | 25                |       |       |
| 入会申込書        | ……………                           | 26                |       |       |
| 編集後記         | ……………                           | 27                |       |       |

# 私事「地震応答制御学」事始め

日本大学教授 石丸 辰治



「免震住宅」が最初に誕生してから12年、「AMD 制振構造物」が誕生してから未だ5年しか経過していないにも拘らず、すでに多くの研究者・構造技術者が「応答制御」に関わっている事は、誠に喜ばしい限りであるというのが私の率直な感想である。というのも30年間、この分野の、特に設計論の研究に携わってきた私にとって、昨今の展開は全く驚くべき早さであり、「地震応答制御」という設計論は話題にさえならなかった20年間を経験している私の耳元には、「初心忘れるべからず」というささやきがいつも聞こえてくるのである。

私がこの分野に興味を持ち始めたのは、30数年前の学生時代に、恩師・田治見宏先生の振動工学、特に「固有値解析」の授業の強烈な印象を受けた時からである。現在では日常的に使われているこの計算法に対する私の認識は、「構造物の固有値」即「構造物の個性」の抽出に欠くべからざる解析法であるというものであった。この認識はやがて、「構造物の個性」そのものが全て異なるからこそ「固有値解析」が必要であり、その個性に見合った設計をすべきであるという考え方に変わっていく事になる。そしてこの考え方を反映した最初の論文は「塑性率制御法」と題するものであり、今から20年も前の事である。「構造物の個性」を重視するという考え方が「応答制御」という形にたどりつくのに10年も掛かってしまった事になる。この遅れは、既にその骨子が出来上がっていたにも拘わらず、本論文の提出に5年もの間悩んでしまったところに大きな原因がある。というのは、自然の現象に対して「制御」とはいかにも不遜ではないかという「おののき」や「制御」という語彙の持つ強さに私自身が押しつぶされるのではないかという不安がいつも頭を持ち上げてきたためであった。それにも拘らず「制御」という語彙を用いた本当のところは、やはり「固有値解析」という言葉のもっている「威力」に負けてしまったからである。構造物には個性があり、その個性の故に地震時の荷重効果が異なるのは自然の理であり、建築計画を阻害せずにより積極的に設

計者が望ましいと思う「慣性力分布」を創生する事こそ、従来の設計の概念を越えた、まさに「制御」ではないかという「思い」が捨てられなかったのである。

その後の10年は私には空白の時間であったが「積層ゴム」という驚異的なデバイスの発明にもなって「免震構造物」が実現した時の衝撃はなんともいいがたいものであった。忘れかけていた「応答制御」の概念を蘇らせてくれたという感謝の気持ちよりも、この分野でたゆまず努力を積み上げている人物の存在に感動したと同時になかばあきらめかけていた自分の怠慢に嫌悪感を抱いたからである。

こうした個人の思惑に関わりなく、この分野は「ハード」の開発を中心に進む事になるが、制振構造物の出現がこれに拍車を掛け、私自身もその渦の中で、制振構造の開発やその効果の研究に関わっているわけである。しかし研究があまりにも「ハード」に偏っていた反省から、最近では「設計哲学」の見直しが必要であり、このテーマこそが私にとっての「地震応答制御学」の本当の始まりにすべきであると痛感している。なぜならば「耐震設計」の「設計哲学」は、「耐震」から「対地震」という多様な設計法を許容するという設計思想の大きな変革期にあると信じているからである。こうした認識に必然性があると信じているのは、「耐震設計の設計哲学の変遷」と「17-18世紀の自然科学史の偉人達の足どり」に大きな共通性を感じるからである。

最初の「耐震設計」の哲学は「荷重効果」という認識論にたっていた事はいうまでもない。私には先人達が導入した「設計震度」の概念は、Newton (1642-1727) 力学にD'Alembert (1717-1785) の原理が持ち込まれ、動力学が「慣性力」の概念により「静力学」的扱いができるという自然科学史上の大きな発見に共通しているように思えるのである。勿論、「柔剛論争」などに見られるように、設計は「力」のみでなされべき

ではなく、これに「変形」を含め、「力×変形」＝「エネルギー」という認識の重要性が説かれていたのも同時期であった。そしてこの流れはコンピュータに代表される科学の進展に助けられ、今日の「弾塑性変形」による「エネルギー吸収能力」を「梁・柱のばね要素」に求めるという「エネルギー論的設計哲学」の基礎を与える事になったといえよう。この事はNewton力学に変分原理やエネルギーの概念を導入したEuler(1707-1783)やLagrange(1736-1813)が、D'Alembertと同時代の人であった事とも符合している。

その後、Hamilton(1805-1865)によりD'Alembertの業績とEuler及びLagrangeの業績を統一して最小作用の原理が最初に定式化されるが、私の偏見によれば「ベクトル的力学」と「変分法的(エネルギー論的)力学」の融合であると認識している。これに対するアナロジーの大きな第一歩を、私は「秋山の式」に感じるのである。すなわち、「振動方程式(力の釣合方程式)」から「エネルギーの釣合方程式」への変換と、「構造物の変形に寄与する総入力エネルギー」という概念の導入は、Hamilton的融合の第一歩であり、ベクトル的力学をエネルギー論の立場から見直したものである。次に成すべきは「地震動特性」や「構造物の非線形特性」等を考慮して、「総入力エネルギー」の「各構造部材へのエネルギー分配法則」を構築する事であろう。

このような設計思想は、免震構造物に代表されるように、構造物本体や積層ゴムなどの「ばね要素」と粘性ダンパー、履歴ダンパー、摩擦ダンパーなどの「減衰要素」という「ふたつの主要素」によって構造物が構成されていると認識しているからである。すなわち、「減衰要素」がまぎれもない「構造部材」であるという認識である。したがってエネルギー論も「減衰要素」に吸収されるエネルギーとその効率により一時的に「ばね要素」に保留しておかなければならないエネルギーをより明確に把握するとともに、多自由度系の場合のエネルギー分配の法則を見つけ出す

事が肝要であろう。勿論、時系列解析は非常に発達しており、応答結果としてエネルギーの分配がどのようになっているかは確認できるが、その逆問題としての定式化こそその目指すところであり、設計者の望む「性能」を構造物に付与する事を可能とする世界の構成が「地震応答制御学」であると思っている。そしてこの学問は、既存の構造物でも「減衰要素」の付与や、柱や壁などの撤去或いは積層ゴムの導入などの「ばね要素」の組み替えなどにより、建築空間の再生や環境保全につながる「建築構造蘇生学」ともいえる世界の構築に貢献できる筈である。今、まさにこの時点こそが、私にとっての「地震応答制御学」事始めなのである。

[附記]

1月17日、危惧していた大震災が神戸地区を襲った。報道される惨たんたるテレビ画像は、私の地震災害に対する認識がいかに浅薄であったかを思い知るに充分以上のものであった。現地に入り、直接に見たその惨状は、防災都市の在り方という視点から構造技術を見ていなかった私自身の怠慢を痛打してやまなかったのである。5,000名を越える死者の霊のご冥福を祈るとともに、改めて「地震応答制御学」を介して「防災都市創生」への努力を胆に銘ずるものである。

# WESTビル

郵政大臣官房建築部設計課

東京建築研究所



川田 公裕



長田 勝幸



山口 昭一



木村 充一



中澤 俊幸

## 1. はじめに

WESTビルは、世界最大の床面積を持つ免震ビルである。建物概要を表-1に、建物全景図を図-1に、断面図を図-2に、免震部材配置図を図-3に示す。ここでは、WESTビルの設計の考え方と積層ゴムアイソレータ（以下[積層ゴム]と略称）の試験方法と試験結果について紹介する。試験方法を紹介する理由は、本建物に使用する積層ゴムの数が120個と多く、納入時期との関係から複数メーカーから提供を受けたために、各メーカーの試験方法を統一する必要があったからである。

まず、前半に設計の考え方を、後半に積層ゴムの試験について紹介する。



図-1 建物全景図

表-1 建物概要

|                |  |                  |                             |                       |  |
|----------------|--|------------------|-----------------------------|-----------------------|--|
| 用途             | 事務所  |                  | 施工期間                        | 1992.12～1994.11（24ヶ月） |  |
| 一般設計           | 郵政大臣官房建築部設計課   |                  |                             |                       |  |
| 構造設計           | 郵政大臣官房建築部設計課・(株)東京建築研究所・(株)構造計画研究所   |                  |                             |                       |  |
| 施工             | 竹中・住友・奥村・ナカノ・三菱 共同企業体  |                  |                             |                       |  |
| 階数             | 地上6階・塔屋2階  | 最高高さ             | 38.35 (m)                   |                       |  |
| 建築面積           | 8,563.16 (m <sup>2</sup> )   | 延べ面積             | 46,823.09 (m <sup>2</sup> ) |                       |  |
| 基礎             | 直接基礎（独立フーチング基礎）  | 地盤種別             | 第1種地盤                       |                       |  |
| 上部構造           | 鉄骨鉄筋コンクリート造（梁はS造・一部SRC造）、鉄骨ブレース、鉄筋コンクリート耐震壁を併用   |                  |                             |                       |  |
| 設計層せん断力係数      | X方向：0.15（1F）～0.30（6F）  |                  | Y方向：0.15（1F）～0.30（6F）       |                       |  |
| レベル2地震時固有周期    | X方向：T1=3.3 (s)   |                  | Y方向：T1=3.3 (s)              |                       |  |
| レベル2地震時免震層層間変位 | X方向：17.6 (cm)  |                  | Y方向：17.6 (cm)               |                       |  |
| 免震部材           | 天然ゴム系積層ゴムアイソレータ  | 800φ～1000φ       | 66個                         |                       |  |
|                | 鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータ   | 1200φ            | 54個                         |                       |  |
|                | ループ状銅棒ダンパー   | 4-70φ            | 44個                         |                       |  |
| ダンパー群の降伏せん断力係数 | α s=0.03   | アイソレータ群の最大せん断力係数 | α f=0.05                    |                       |  |
| 積層ゴムの長期面圧      | 平均93 (kg/cm <sup>2</sup> ) [最大110 (kg/cm <sup>2</sup> )]   |                  |                             |                       |  |
| 構造上の特徴         | ラーメン構造であるが、剛性を確保するために各階の要所にブレースを配置し、建物の基部として1, 2階外周に鉄筋コンクリート造耐震壁を配置して、免震システムの性能をより生かせる構造計画としている。 |                  |                             |                       |  |



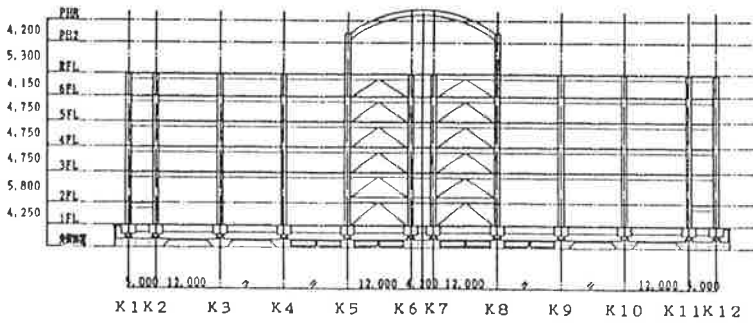


図-2 断面図

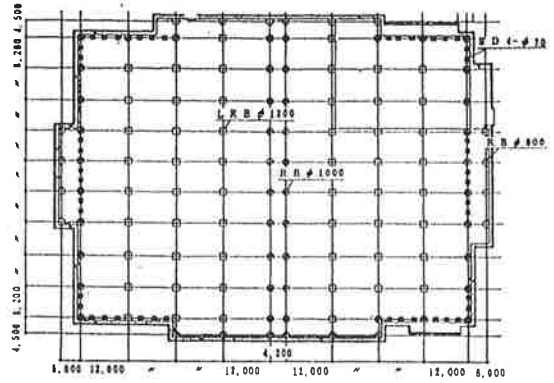


図-3 免震部材配置図

## 2. 設計方法

### 2. 1 入力地震動レベルの設定

どのような外乱に対して、どのような耐震性を持たせるかは、耐震設計の原点であり、これを定量化する事は現状では容易ではないが、入力地震動レベルに関しては、以下の点を考慮して設定した。

1. 想定再現期間
2. 建設地の地域の地震活動性および地形・地盤の状態
3. 社会的に慣用されている値

1と2については、統計的手法と震源断層を考慮した工学的手法の2種類で検討した。

- ・統計的手法は、地震危険度解析のグラフィック・システムERISA-G<sup>\*1</sup>を使用した。ERISA-Gは、東京大学生産技術研究所の片山恒雄教授と西松建設(株)の戸松征雄氏により開発されたシステムであり、全国の各種地盤で観測された300~400成分の地震動加速度記録を基本データとして、統計解析手法「数量化理論I」により加速度応答スペクトルと各種要因(地盤種別、Magnitude、震央距離)との最適重み関数を求め、これに基づいて加速度スペクトルを予測する手法である。
- ・震源断層を考慮した工学的手法は、小林・翠川<sup>\*2</sup>の理論を基にして求める。この手法における基本的な考え方は、①地表の地震動の強さを地震基盤に入射する地震波の強さと地震基盤の上の地盤による地震波の増幅度とに分離して考える。②入射波の強さを計算する際には、震源断層の広がりとその破壊伝播の効果を考慮する。③対象地点での地盤の増幅度を求め、これを入射波の強さに乗じて地表での地震動強さを得る。

以上の検討と社会的に慣用されている値を参考に入力地震動レベルを以下のように設定した。

- レベル1:当該建築物の敷地において当該建築物の耐用年数中に一度以上受ける可能性が大きい地震動 (最大速度20cm/s)
- レベル2:当該建築物の敷地において過去に受けたことのある地震動のうち最強と考えられるもの、および将来において受けることが考えられる最強の地震動 (最大速度40cm/s)
- レベル3:当該建築物の安全余裕度を評価するための地震動 (最大速度60cm/s)

なお、地震動波形は標準的な2波(EL CENTRO NS, TAFT EW)、建設地と同様な第1種地盤で観測されたKAIHOKUBASHI、および震源断層を考慮した地震動スペクトルの推定法(小林・翠川)をもとに作成した模擬地震動波形の計4波とした。ただし、模擬地震動波形は現波形のまま使用し、レベル2相当とした。

### 2. 2 耐震性能目標

上部構造は、レベル2で全ての部材が許容応力度以内、レベル3で弾性限以内とした。また、床応答は事務室で200gal以内とした。

基礎構造は、上部構造を上回る強度を持つように、目標値を定めた。

免震装置の変位量は、積層ゴムの性能を考慮して設定した。積層ゴムのゴムの直径は、φ1200(鉛プラグ入り)、φ1000及びφ800の3種類で、ゴムの総厚は24cm~16cmである。2次形状係数(積層ゴムの直径/ゴムの総厚)は、安定性を考慮して5とした。レベル2に対応する変位量25cmはせん断歪度(水平変位量/ゴム総厚)で105%~156%に相当する。レベル3に対応する変位量40cmはせん断歪度で167%~250%に相

表一 2 耐震性能目標値

| 地震動レベル<br>(最大速度) | 免震装置         |         | 上部構造    |                |                             | 基礎構造    |
|------------------|--------------|---------|---------|----------------|-----------------------------|---------|
|                  | 相対変位<br>(cm) | 層せん断力係数 | 躯体の状態   | 層せん断力係数*1      | 加速度<br>(cm/s <sup>2</sup> ) | 躯体の状態   |
| レベル1<br>(20cm/s) | ≤15          | ≤0.08   | 許容応力度以内 | ≤0.15<br>≤0.08 | ≤150                        | 許容応力度以内 |
| レベル2<br>(40cm/s) | ≤25          | ≤0.12   | 許容応力度以内 | ≤0.25<br>≤0.12 | ≤200                        | 許容応力度以内 |
| レベル3<br>(60cm/s) | ≤40          | ≤0.15   | 弾性限以内   | ≤0.30<br>≤0.15 | ≤300                        | 許容応力度以内 |

\*1 上段：最上階(6階), 下段：最下階(1階)を示す  
\*2 事務室(3~6階床)の値を示す

当する。耐震設計目標値を表一2に示す。

## 2. 3 設計方針

### 1) 上部構造の設計

#### a) 長期の応力に対する設計

通常の常時荷重による設計とする。ただし、骨組みの応力解析には、積層ゴムの鉛直バネを考慮する。

#### b) 地震荷重時の設計

地震時の動的挙動も考慮して下記のようにする。設計地震力は、地震地域係数 $Z=1.0$ 、振動特性係数 $R_t=0.75$ 、せん断力係数の分布係数は $1.0\sim 2.0$ を採用し、せん断力係数を $C_i=0.15(1階)\sim 0.30(6階)$ として許容応力度設計を行う。

#### c) 耐風設計

耐風設計用風荷重は、「建築基準法施行令第87条」による値とする。

#### d) その他

免震装置交換時のジャッキ反力は短期荷重として扱う。

### 2) 免震装置の検討

#### a) 積層ゴムの長期面圧

鉛直荷重時の軸力による積層ゴム面圧(柱直圧/積層ゴムの断面積)を確認する。

#### b) 積層ゴムの短期面圧

地震時せん断力と転倒モーメントによる付加軸力に対して積層ゴムに過度の引抜き力が、発生しないことを確認する。

#### c) 免震装置の配置

上部構造の重心と免震装置の剛心に偏りが無いことを確認する。

#### d) 地震荷重時に対する検討

せん断力、転倒モーメントによる付加軸力に対して積層ゴムおよび取り付け部の安全を確認する。

#### e) 風荷重に対する検討

設計用風荷重によるせん断力が、鋼棒ダンパーの降伏耐力を十分に下回ることを確認する。

### 3) 下部構造の設計

#### a) 設計用応力に対する設計

鉛直軸力、水平力を地盤に安全に伝達できるよう強固な地盤に接地させ、地震時の変位(回転)に対しても十分留意した設計を行う。

## 2. 4 部材の断面設計

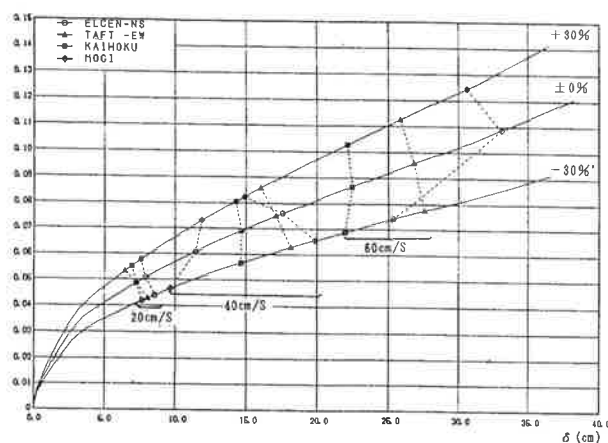
a) 部材の断面設計は、日本建築学会「鋼構造設計規準」、「鉄骨鉄筋コンクリート構造設計規準」により許容応力度設計を行う。

b) 鉄骨梁の取り付け鉄骨鉄筋コンクリート柱の鉄骨曲げ耐力を設計曲げモーメントの80%以上となるように配慮する。

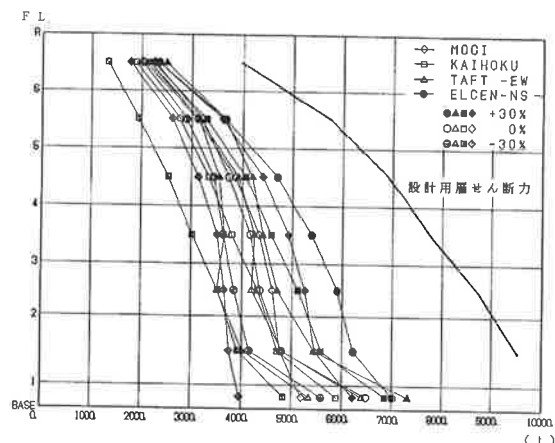
c) 外周耐震壁の分担が大きい1、2階は、ラーメン部材を3、4階と同一断面とすることで、水平力に対して余裕のある設計とする。

d) 1階大梁は組立H形鋼を用いた鉄骨鉄筋コンクリ





図一 4 免震装置部の相対変位とせん断力係数（長辺方向）



図一 5 最大応答層せん断力 レベル 2（長辺方向）

ート造とし、ジャッキアップ時に対応できるようにする。

e) 12m スパンの鉄骨梁は上下振動にも配慮して、長期撓みが1/1200程度となるようにする。

f) 外周の耐震壁および鉄骨ブレースに集中するせん断力に対し、各階床版(特に3階と1階)による伝達が安全に行われるようにする。

## 2. 5 応答解析

鉛プラグ入り積層ゴムは修正バイリニアールに、積層ゴムはハードニングを考慮したバイリニアール（逆行型）に、鋼棒ダンパーはバイリニアール（標準型）にモデル化した。また、減衰は内部粘性系を仮定し、歪エネルギー比例型減衰とし、減衰定数は上部構造を2%、免震装置部を0%とした。応答解析時には、免震部材の設計値に対するバラツキ、温度変化および経年変化等による剛性の変化を考慮して、±30%の剛性の変化を含めた解析を行った。

応答解析結果を図一4、図一5に示す。免震装置の応答変位量は設計目標値を下回っている。余裕度を見るために行ったレベル3応答時にもφ800の積層ゴムのせん断歪度が、207%でハードニング領域に達する程度に納まっている。上部構造はレベル3応答時の層せん断力係数が各階とも設計用層せん断力係数を下回り、建物は弾性限以内にある。

## 3. 性能確認試験

### 3. 1 積層ゴムアイソレータの仕様

本建物では、複数のメーカーから積層ゴムの提供を受けるといふあまり例のないケースである。このため、従来各メーカーによって異なっていた特性値

に対する考え方、寸法の許容誤差等について統一した。

統一した内容は、以下の通りである。

- ①せん断弾性率(G)の定義
- ②ゴム材料の基本物性値
- ③装置寸法の制作許容誤差
- ④装置特性値の定義と検査条件

### 3. 2 性能確認試験

使用製品について、定められた性能特性検査に加えて設計で用いられた特性のうち、水平剛性の「せん断歪依存性」、「鉛直荷重依存性」、「繰り返し変形時の特性変化の有無」、「大変形時の特性」等について試験を行った。これら、性能確認試験に関しては、既往の手法を基に、米国の「1991 UNIFORM BUILDING CODE」\*3を参考にして試験条件をまとめた。試験条件をa)に、データの評価をb)に示す。また、各メーカーの積層ゴムの特性検査用試験機は、それぞれの形態が異なっているので、当所機差等についての確認が行われていなかったこともあり、今回は機差を無くすため、各メーカーでバラバラに検査することを避け、試験機をあるメーカーの1台に限定して検査を行った。

また、各メーカーの試験機の測定値の妥当性、誤差を確認するため各メーカー間の試験機の機差等についても調査した。機差は数パーセントであることが確認できた。

#### a) 試験方法

以下の順番で検査を行う。

- ①鉛直荷重として性能検査時荷重(100kg/cm<sup>2</sup>)を載荷し、その状態で各積層ゴムのせん断歪50%→100%→150%に相当する水平変形の正負繰り返し試験を

各3サイクル順次行う。

- ②各積層ゴムのせん断歪100%相当の水平変形の正負繰り返し試験を鉛直荷重20kg/cm<sup>2</sup>→75kg/cm<sup>2</sup>→100kg/cm<sup>2</sup>→150kg/cm<sup>2</sup> (φ1200は110kg/cm<sup>2</sup>)下で各3サイクル順次行う。
- ③鉛直荷重100kg/cm<sup>2</sup>、せん断歪100%相当の水平変形の正負繰り返し試験を12サイクル行う。
- ④鉛直荷重100kg/cm<sup>2</sup>、水平変形40cmの正負繰り返し試験を1サイクル行う。

なお、鉛プラグ入りの積層ゴムに対しては、鉛プラグのない状態で上記試験を行い、鉛プラグを入れた状態で①、③の試験を行う。

### b) データの評価

- ・全ての試験で、各サイクルで極端な耐力低下がないこと。
- ・各3サイクルの試験において、各サイクルの等価剛性が3サイクル平均値に対して±10%以内の差であること。
- ・12サイクルの試験後の等価剛性が、初期値に対して±20%の範囲内にあり、また、鉛プラグ入り積層ゴムの等価粘性減衰が初期値に対して20%以上減少しないこと。
- ・性能検査として要求されている鉛直および水平バネ定数と変形能力については、性能検査の判定基準に従う。

### 2. 3 試験結果

細かい試験結果は割愛するが、今回の試験により以下の知見を得た。

今回の一連の確認試験では、かなり大型のφ800～φ1200の積層ゴムで設計値通りの性能を発揮することがあらためて確認され、過去数少ない大型積層ゴムの特性試験に今回の結果を重ねることにより、φ800～φ1200の積層ゴムが、十分に実用に耐え得るものであることが確認できた。また、メーカーが共同で本試験を実施することにより、積層ゴムの歪・面圧依存をはじめとする諸特性が同様の傾向を示すものであることが確認された。よって一つの建物に対して、複数メーカーの積層ゴムを使用することは、その仕様を明確にすることで十分対応できることを確認した。

### 4. まとめ

WESTビルにおける設計の考え方と積層ゴムの試験

について紹介した。

設計を行う上で、どの程度の外力に対してどの程度の損傷を許容するかが大事なことである。免震システムは積極的に外力と耐震性の関係をコントロール出来る構造である。この考え方は、建物毎に違って当然であり、今回の設計の考え方は、その1例に過ぎない。

また、積層ゴムについて、仕様をしっかりと決めれば、各メーカー毎の製品のバラツキが少ないことが確認出来たことは、今回の成果の一つであると考えている。

### 参考文献

- \* 1 戸松、片山:地震危険度解析のグラフィックシステム  
ERISA-Gの開発とその機能  
土木学会論文集 第362/I-4 1985年10月
- \* 2 翠川、小林:地震断層を考慮した地震動スペクトルの推定  
日本建築学会論文報告集、第282号 1979
- \* 3 The Appendix Division III Required Tests of Isolation System, Uniform Building Code 1991

# MSB-21 南大塚ビル

Menshin System Braw 21

東京建築研究所 可児 長英

住友建設 宮崎 光生

フジタ 大井 康隆



昨年12月22日、豊島区南大塚二丁目の免震建物‘MSB-21’を企画され、建設された(株)末広サービス代表取締役の鈴木正美社長を訪問しました。当ビルは平成2年竣工で免震建物としては33番目に当ります。現在日本で一番高層の免震建物[地上12階、地下2階、 $H=49.400m$ 延べ面積 $5962m^2$ 、RC造耐力壁付きラーメン構造、杭基礎、免震部材LRB、 $C_b=0.15$ 、固有周期2.5秒(LRB50%)、3.1秒(LRB100%)]で、地下部分に立体駐車場を取入れていることが特徴です。用途は店舗、事務所、共同住宅です。設計は(株)ファースト設計一級建築士事務所、構造設計は住友建設(株)一級建築士事務所です。当日、構造設計者の宮崎光生氏も出席いただき鈴木社長から免震構造ビルを採用された経緯や実際に建設し使用し、ビル管理をしている感想と今後の免震構造の適用などについてお話を伺いました。

聞き手は広報委員の可児と大井です。

「免震ビルをご採用になるに際し最初に考えられたことは。」

今までに建物を建てる時、すなわち企画の段階で考えてきたことは、免震ビルに限らずいつも一級のものを目指し、新機軸を取り入れていきたいと云うことです。

また、建て主として、建物を守ることは当たり前だと思うがテナントを守るのが本来の姿勢でしょう。もう一つは、地下に立体駐車場を有する建物は駐車場からの振動が消えないとかあるいはその振動がコンピューターに影響するなどという問題があるので、免震を取り入れることによってそういったことも解決できるのではと考えたことです。これはまさに大正解でした。

「それではどうして免震構造を知ることになったのでしょうか。」

当社はこれまで何件かのビルの施工を住友建設(株)にお願いしてきており、長いつき合いです。住



写真-1 鈴木社長



写真-2 建物全景



写真-3 変位記録版

友の所長さんから免震構造という技術があると聞き及んで宮崎さんによるスライドなどを用いたお話を聞くことから始めました。その後は実際に建っているものをこの目で見ようということで、越谷とか名古屋、静岡に見学に行きました。採用に踏み切るまでに地権者とどの様なビルを今後のビルとして建てて行こうかなどよく討議をしました。その場に宮崎さんにも来てもらい相当勉強しました。地権者も今まで低い所で生活していた人が今度は高い所に移るわけですから、「怖い」という感覚を取り除いてあげなければならない。人はもとより家財や機器などをどう守るかに関心が集まります。ですから皆真剣であったわけです。

「そのあたりは設計者や施工者にも十分知っていてもらわなければならないわけですね。」

ですから私はいつも最初の段階から設計事務所、オーナー、ビル管理者、施工者と四者一体となって喧嘩がくがくの議論を交わしてやることにしています。これから建てる建物はこれまでのものを必ず改良したものにしたということから、たとえば見学したビルよりもっと管理のやさしい、配管の仕方・点検する方法・点検用のスペースのあり方・免震層の換気方法などを検討しました。

「そのほかに心に掛けられたことはどんなことでしょうか。」

この建物は常にきれいにしておきたいと考えました。宮崎さんが担当した中でも一番良くできているのではないかと考えています。メンテナンスに関してもせっかく高度な技術である免震構造を採用したのだからそれに見合ったようにきちんとして決めました。このビルは私たちも力を掛けたビルの一つなのです。

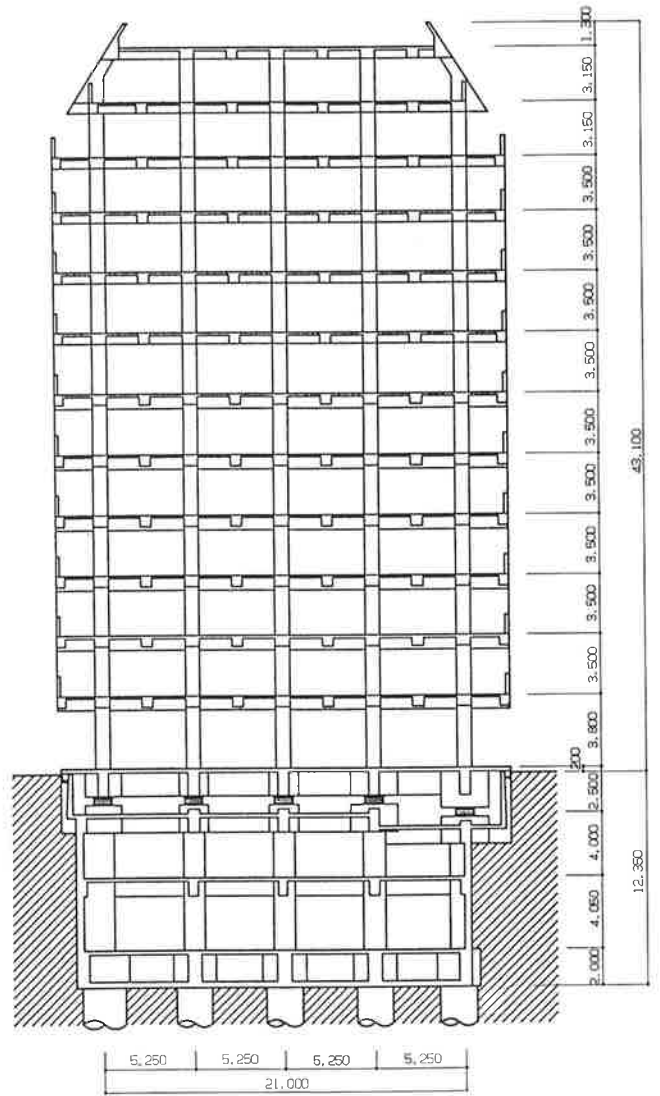


図-1 ビルの立面

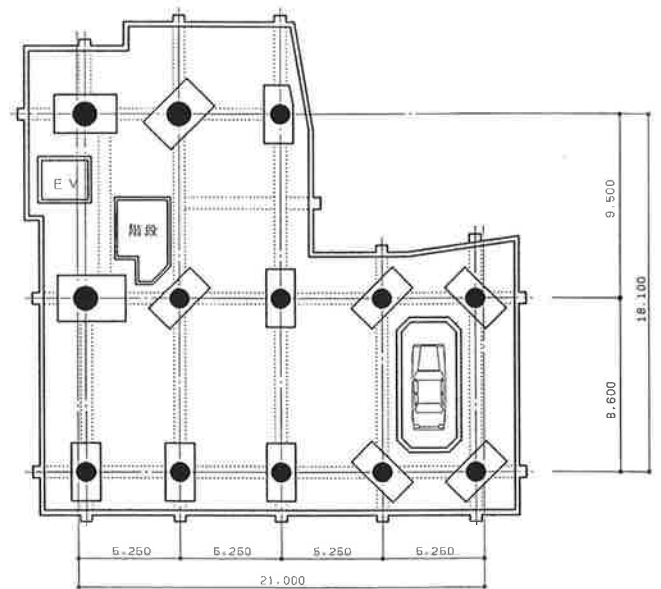


図-2 ビルの平面（免震層）

「初めて免震構造に目を向けられました。これは構造技術ですね、そのほかに特に考慮されたものはありますか。」

完成後もビル管理やビルの群管理などにも対応できるようにしてあり、施工者の住友建設(株)にとっても誇れるものに違いない。CSの設備なども設置してこれを利用した会議などが可能なようにしてありますからこの施設を使おうというテナントに対応できます。要するに、建築主はユーザーによりすぐれたものを提供すべきであると考えています。またビル管理会社としても後々メンテナンスが容易なことが必要です。後で泣かされるビルは困ります。たとえば、漏水、パイプなどの詰まりなどで手に掛かるものは特に良くない。技術を提案する人は誰にでもその不具合をわからしめるような工夫をすべきで、たとえばパイプなどの詰まりやすいエルボ部分は透明にしておくとかが必要でしょう。

「建ててからいくつかの地震を経験したと思いますがこのビルのユーザーの声はどうか。」

あるユーザーから全く揺れないと思っているのに少し揺れるのではないかと、言われました。揺れないのではなくて揺れをいかに少なくするかということなのだと話しました。

揺れを少なくして家財や機器も守るのだともいいました。92年2月2日の地震(M5.7)では大概のビルのエレベーターは止まってしまい、中に閉じこめられた人もいたようですが、このビルは全く無関係でした。この免震構造ビルのような高い技術がほんとうに真価を発揮してもらうには、社会不安を起ささない程度のもう少し大きな地震の到来があればなお‘MSB-21’の真価が発揮されたのではないかというような気がします。

「このビルを建ててから豊島の地区では社長は「めんしんの鈴木」と言われていると聞きました。この見学者はかなりの人数になると思いますがどうか。」

一番大きな見学会は住友建設(株)主催の説明会で、豊島区民センターに全国各地より600名程度が集まったと思います。その後も数えていませんがこのビルの見学者の人数は相当なもので、区や警察・消防などの官公庁の方達もかなりみえています。

「一般の方の見学はどうか。」

そこが難しい所です。一般の方はなんといっても物の価値というものに対して余り知識がないというか関心がなく、一般市民、テナントの価値観の違いが大きく、ものの良さがわかるには時間がかかります

よ。良いものを良いと評価できるようになるのは容易なことではないです。しかし、建物についても価値観の間われる時代がまもなく到来すると信じております。

「社長は免震構造について大変勉強され、他のことについても広範な知識をお持ちですが、どの様にして得られるのですか。」

よく本を読みます。また、社員には給料の1%を本の購買に使えとっています。社員にテーマを持たせて勉強会も開催しています。

「ところで社長のモットーをお聞かせください。」

一つは自分に素直になること。わからないことも素直になって勉強すれば次につながるのではないかと、そして背伸びをしないこと。

二つ目は知り得た人を大切に。なんといっても重要なのは人と人とのつながりですね。一度知り合った人を大切にしています。このビルの建設の後は免震に限らず何かあればよく宮崎さんに連絡したりして情報の交換をしております。

「免震ビルを建てられた経験から、今後はどのようなビルに免震構造が適用できるとお思いでしょうか。」

老人健康施設など老人関係の諸施設を考えています。それは老人は地震が来たときに逃げ出すことはできないので揺れの少ないビルの中にいるのが一番だと思います。これには民間よりはやはり官公庁が率先して採用するともっと早く普及すると思います。

以上 多忙の中、社長のわずかの時間をいただきました。常にビルのあり方を考えまた技術ということに対して大変真摯な態度で接しておられかつその理解に努められて次世代のビルに向けての挑戦を心がけておられる姿勢に敬服しました。

お話しを伺った後、免震階へ案内していただきました。まさに鈴木社長の話されていたように免震階は階高も充分あって湿気も感じられず、設備配管も整然としておりござっぱりした倉庫の中に居ようでした。さすがに12階を支えるだけあって巨大なLRB(1200φ、1000φ)がセットされておりました。また宮崎氏考案の地震時建物の挙動を記録する特製パネルもあって、一般の見学者が見てもよく解る工夫がされている点に感銘をうけました。

地上に戻って、鈴木社長が一本も枯らしていないと言われた素晴らしい植え込みの前で記念撮影をして訪問を終えました。

## 鉛プラグ入り積層ゴム

オイレス工業 池永 雅良



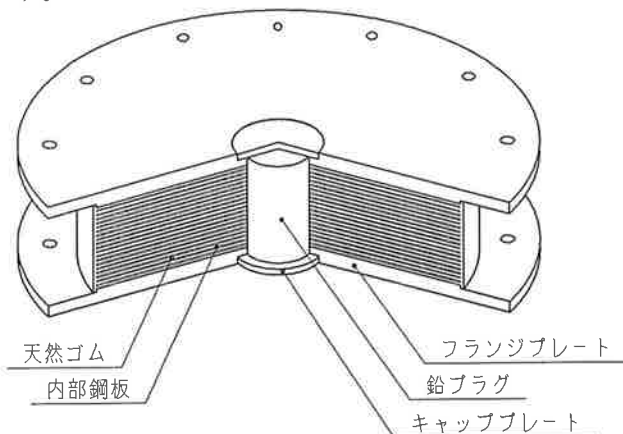
## 1. はじめに

前回の天然ゴム系積層ゴムにつづいて鉛プラグ入り積層ゴム(Lead Rubber Bearing,略してLRB)の特徴を紹介します。LRBに使われている鉛についてはこのシリーズで初登場となりますので、材料としての特徴も少し詳しく紹介します。

## 2. 構造

LRBは図—1に示すように、積層ゴムの中に鉛プラグを封入したもので、通常鉛プラグは円柱形をしています。積層ゴムは「天然ゴム系積層ゴム」と呼ばれる減衰の無い積層ゴムを使用していて、鉛プラグが封入される穴が開いていますが、他の部分の寸法・形状はほぼ同じです。図—1のように建物用では積層ゴムの中央部に1個の鉛プラグが入るようになっていますが、橋梁用では複数個入れている例も有ります。

鉛プラグは積層ゴムの中にしっかりと封入されているので、地震時には積層ゴムと一体となってせん断変形をします。金属のせん断変形は曲げが生じ易いことや力の伝達がしにくいことから一般的には利用しづらい変形ですが、積層のゴムのなかに閉じ込めることによって安定したせん断変形を実現しています。



図—1 LRBの構造

減衰の大きさは鉛プラグの断面積によって調節が可能のため、自由に設計することができます。鉛プラグの大きさは積層ゴムの面圧や減衰の設計方法に

よって多少の差が生じますが、概ね積層ゴムの直径の1/7~1/5の比率となっています。

## 3. 鉛の特徴

鉛を他の金属と比べてみると、「重い」、「柔らかい」、「融点が低い」という特徴が有ります。これらの特徴を免震のダンパとしての観点から見てみます。

鉛は比重が11.3と金属の中でも大きい部類に入ります。この「重い」という特徴は高周波の防振には役立つ面がありますが、免震のような周波数ではその効果も無く、免震装置の重量が増すばかりで有難くない特徴です。

次の「柔らかい」という特徴はダンパにとって無くてはならない性質です。この「柔らかい」という性質はさらに次の二つの性質に分けてみる事ができます。一つは良く伸びると言う性質です。これは延性があるとも言います。通常の引張試験では伸びは40%~100%程度ですが、ひずみ速度を小さくすると伸びが500%以上に達するいわゆる「超塑性材料」の間です。積層ゴムの400%を超えるせん断変形にも追従してエネルギー吸収する能力が有ります。

鉛は面心立方晶と呼ばれる結晶構造をしています。この結晶構造をした金属は延性に優れていて脆性破壊しにくいことが知られています。金属材料は低温になると伸びが小さくなり変形に対して脆性を示すようになりますが、面心立方晶をした金属は低温でも伸びが大きく変形能力がすぐれています。オーステナイト系ステンレスや金がこの結晶構造をしています。鉛は衝撃試験において100%延性破壊しますが、液体窒素温度の極低温でも脆性破壊しないといわれています。

金属材料の塑性履歴を利用したダンパの変形能力はダンパの形状や変形の仕方によって変わってきますが、材料自身の変形能力によって大きく左右されます。この点鉛は塑性履歴のダンパ材料として実に適しています。

二つめは塑性し始める力が強度に比べてきわめて小さいことです。鉛の引張強さは1.3kgf/mm<sup>2</sup>ぐらいで



すが弾性限はその1/10のおよそ0.15kgf/mm<sup>2</sup>程度の応力までしか有りません。鋼材の弾性限は強度の約1/2ですから鉛の小ささがわかります。この性質はダンパとして鉛を使用すると、小さな変形から大きな変形まで塑性変形によるエネルギー吸収が可能になります。大きな地震の後の揺れや小さな地震に対しても効果的に減衰させることができます。

最後の「融点が高い」と言う特徴は簡単な設備で鉛が成形できるという利点も有りますが、それ以上に重要な点は常温で再結晶温度になっていることです。鉛の融点は約330℃で低融点金属の代表選手です。金属の再結晶温度と融点には一般的に相関があつて、再結晶温度は融点の約1/2(絶対温度)という関係が有ります。再結晶とは変形を受けた結晶粒から新しい結晶粒が生まれることです。この時新しい結晶には変形を受けた影響は残りません。このため繰返し変形を受けてもその影響が蓄積されることが有りません。ストレスが残ることなく、常にリフレッシュされているわけです。

#### 4. 性能・特性

水平履歴特性は図-2のように積層ゴムのばねと鉛プラグの塑性変形による履歴曲線が合わさった形となります。

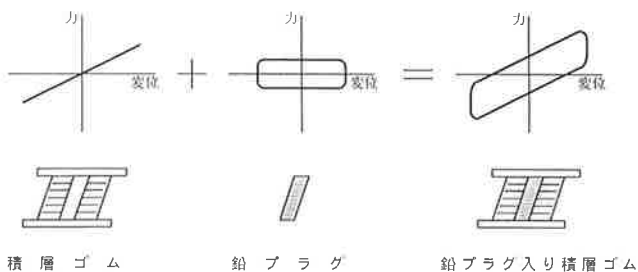


図-2 LRBの特性

このため一般に設計ではLRBの履歴曲線をバイリニアで表現する方法がとられ、比較的精度良く免震装置の特性をシミュレーション解析することができます。(図-3)

LRBの履歴曲線をバイリニアで表現する場合には、降伏後剛性(Kd)と除荷剛性(Ku)の2種類のばね定数と降伏荷重特性値(Qd,履歴曲線の荷重切片)によって規定しています。さらに厳密な解析を行う場合にはばね定数ならびに降伏荷重特性値をひずみの関数として表した、いわゆる修正バイリニアとして扱う方法

もあります。また、簡略な解析方法としてこれらの特性値から計算される等価剛性 (Keq) と等価減衰定数 (Heq) を用い、予備解析や解析結果の検証等を行うことができます。

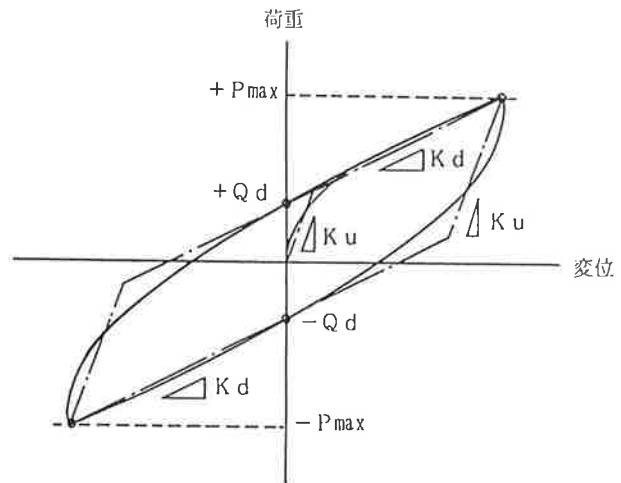


図-3 バイリニア特性

図-4 にLRBの履歴特性の例として積層ゴムの直径が1100mm、鉛プラグの直径が180mmのLRBについて5900KNの鉛直力下で水平振幅±50mm～±480mmを変形させた時の試験結果を示します。振幅480mmはゴムのせん断ひずみ200%になっています。履歴曲線の荷重幅は全振幅でほぼ一定となっており、1サイクル当りのエネルギー吸収量は変形量に比例して大きくなるのがわかります。

次に小さな振幅で変形した時の試験結果を図-5に示します。LRBは図-4と同一です。積層ゴムのせん断ひずみ10%以下では履歴曲線の荷重幅は振幅とともに大きくなります。履歴はせん断ひずみが0.5%以上(水平変形量で約1mm)で確認できます。

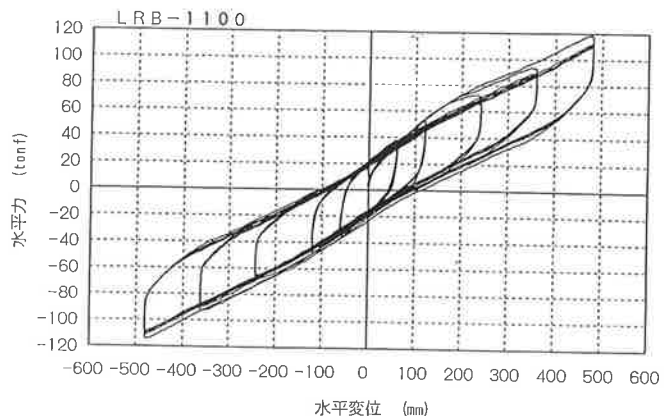


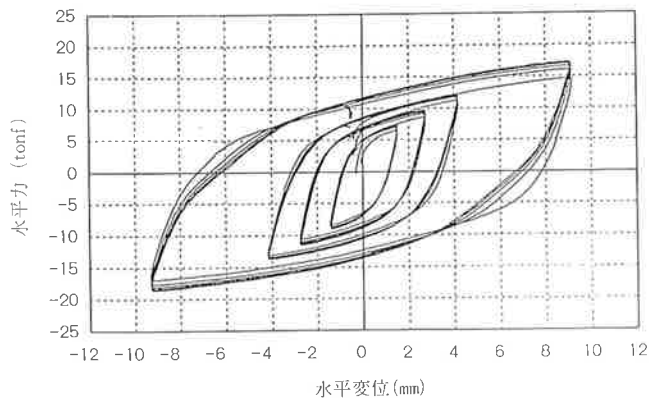
図-4 水平履歴特性

繰返し耐久性

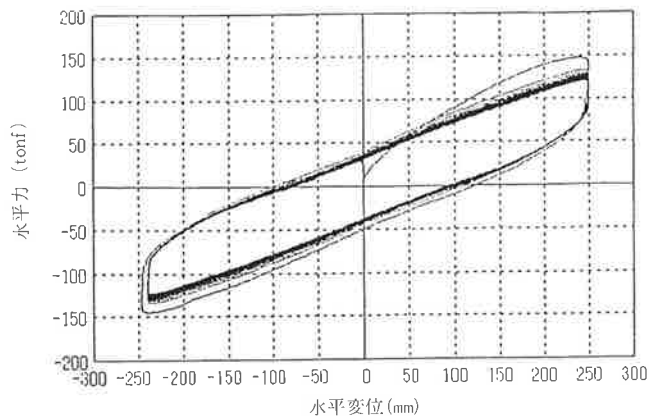
せん断ひずみ±100%、振動数0.01Hzで25波連続で加振した試験の履歴曲線を図—6に示します。等価剛性、等価減衰定数、降伏荷重特性値、および降伏後剛性の変動はいずれも±10%以内であり安定した特性をしめしています。またこの時の鉛プラグの温度上昇は加振初期の1サイクル当り6.5℃で、温度上昇は次第に緩やかになる傾向がみられます。これは繰返し時間が経過するに従い、発生した熱が積層ゴムやその周囲に拡散していくためです。その結果、25サイクル連続加振においても温度上昇は25℃であり積層ゴムや鉛プラグの特性に影響を及ぼす温度上昇ではないと判断されます。

限界特性

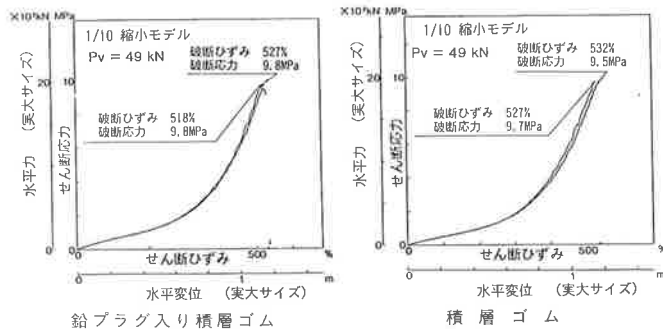
LRBの水平変形の限界特性は鉛プラグの無い積層ゴムの限界特性と同じです。図—7にLRBの破断試験の結果、および同形状の積層ゴムの破断試験の結果を示します。試験体は500ton用LRBの1/10縮尺モデルで、積層ゴムの直径が160mm、鉛プラグの直径が13mmである。破断ひずみ、破断応力とも鉛プラグの有無による差は見られません。



図—5 小変形の履歴特性



図—6 繰返し耐久性



図—7 破断限界

# 免震積層ゴム製造工場見学会をおえて

ブリヂストン 有田 興紀

1994年11月18日、日本免震構造協会主催の免震積層ゴム製造見学会が、弊社横浜工場に於て実施されました。当日は天候にも恵まれ、北は札幌南は福岡から、官庁・大学・施主・設計事務所・建設会社等幅広い分野の皆様80名の参加者があり盛況に終わることが出来ました。

当日は須賀川広報委員長の挨拶に引継ぎ、積層ゴムの製造工程と品質管理体系の説明の後、精錬から加硫の免震積層ゴム製造工程見学と大型(2000t)2軸

試験機での性能検査の見学会を実施しました。

見学後の質疑応答時には活発な質問を頂き意義ある見学会が実施できました事を見学者の皆様へ深く感謝致します。

又、見学会の企画をしていただきました日本免震構造協会関係者のご協力に謝辞を申し上げます。

最後に1月17日兵庫県南部地震でなくなられた方々の御冥福と被災地のいちはやい復興をお祈り申し上げます。



見学会参加者集合写真



工程図

## 鉄筋コンクリート造免震構造物の振動台実験

～カリフォルニア大学バークレー校との共同研究～

清水建設



田村和夫



猿田正明



菊地 優

## 1. はじめに

清水建設は、米国カリフォルニア大学バークレー校のJAMES KELLY教授と「免震構造物の終局時挙動に関する」共同研究を行った。共同研究は、1990年6月から始まり、1992年6月に振動実験を終了した。実験には同大学地震工学センターの振動台を用いた。実験に当たっては、我々も現地に滞在し、昨年8月の免震フォーラムに来日して皆さんにお馴染みの、IAN AIKEN博士、PETER博士、CLARK氏らと共に作業を行った。

以下に、研究の概要を紹介する。

## 2. 試験体

振動実験に用いた試験体は、東北大学構内に建設された免震実証試験建屋(写真-1)の免震構法建屋をモデル化しており、鉄筋コンクリート造3階建ての純ラーメンの建屋を長さのスケールで1/2.5に縮小したもので、各階平面は3.740m×2.140m、階高は1.200mである。ただし、重量の不足分は、鉛の付加重量を各階床上に配置した。

東北大学の免震実証試験建屋は、上部構造を標準せん断力係数 $C_0=0.2$ として設計した、同一形状の免震構法建屋と在来構法建屋が並列して建つもので1986年5月の完成以来、振動試験および地震観測を実施してきている。ここでは当初、天然ゴム系積層ゴムとオイルダンパーからなる免震装置を採用し、その後2種類の高減衰積層ゴムに取り替えている。

本実験では、免震装置として2種類の高減衰積層ゴム(Type 1, 2)と1種類の鉛入り積層ゴム(Type 3)を用いている。免震装置の特性は、実在の免震建屋に設置した積層ゴムの特性を上部構造と同様に1/2.5に縮小したものであり、実大の試験建屋で用いた積層ゴムの特性は、積載荷重50tfに対してType 1の積層ゴムは水平変位10cm時に水平方向の固有周期1.6秒、減衰定数15%、Type 2の積層ゴムは水平変位8cm時に水平方向の固有周期2.5秒、減衰定数16%としている。実大では用いていないType 3の鉛入り積層ゴムはType 1の特性を採用した。鉛直方向の固有周期は、いずれも0.1秒を目標とした。また、積層ゴムの面圧は実大の積層ゴムと同一としている。

各積層ゴムについては、振動実験に先立ち単体での加力試験を実施し、所定の基本特性を示すことを確認した。

## 3. 試験概要

写真-2に振動台にセットした試験体の全景を示す。地震工学センターの振動台は、台の寸法が6.1m×6.1m、最大積載重量60tfと比較的大型の試験体を設置でき、水平1方向・上下方向同時に加振できる(その後、改造されて水平2方向・上下方向の3次元加振が可能となっている)。本実験では、建屋長辺方向に加振を行った。試験体は、6個の積層ゴムに支持されており、積層ゴムの下には、せん断力・軸力を測定するためにロードセルを設置し、これを介して



写真-1 東北大学免震実証試験建屋の全景  
(左：在来構法、右：免震構法)

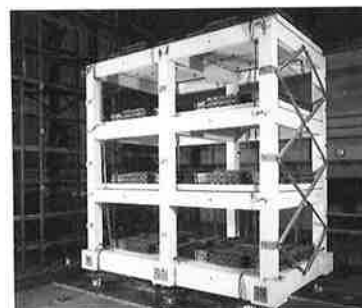


写真-2 試験体の全景

振動台に固定している。

加振は、設計レベルとしてのレベル1(最大速度で25cm/sに基準化)、レベル2(同50cm/s)では、エルセントロ(図中ELにて略記、1940年インペリアルバレー地震)・八戸(HA、1968年十勝沖地震)・東北大学(TO、1978年宮城県沖地震)の地震記録を、極大地震レベルのレベル3(同60cm/s)ではSCT(1985年メキシコ地震)の地震記録を用いた、レベル1、2の加振については、3種類の積層ゴムについて、加振方向にコンクリートのひび割れの進展を防ぐためにブレース補強して行った、その後、ブレースをはずしてType1の積層ゴムについてレベル1~3の加振を実施した。

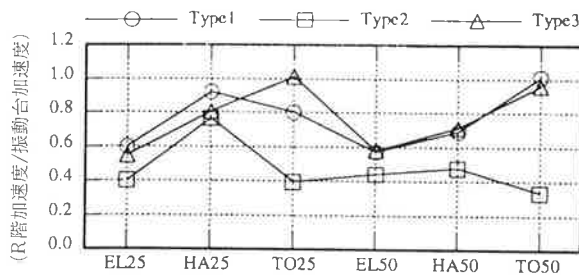
#### 4. 実験結果

図-1に、ブレース補強試験体の最大応答値について示す、加速度応答倍率(屋上階最大応答値/振動台入力最大加速度)は、Type1、3の積層ゴムでは0.6~1.0、Type2の積層ゴムでは、0.3~0.8の範囲にあり、在来構法建物で見られるような増幅は無い。応答加速度の低減効果はType2の積層ゴムの場合がもっとも大きい、これは水平剛性が他の積層ゴムの約1/3と低いためである。逆に、免震層の水平変形はType2がもっとも大きくなっている。

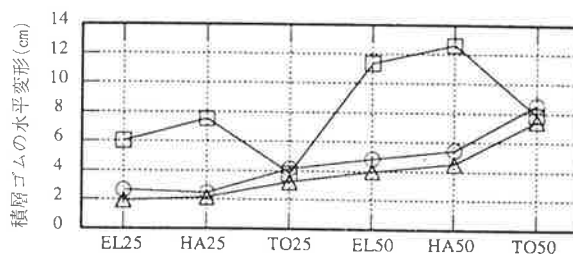
図-2に、ブレース無し試験体の実験から得られた各層の最大応答加速度を示す。レベル1の加振ではブレース補強試験体の結果とほぼ同様の結果を示しているが、レベル2の加速ではエルセントロ・八戸の入力では高次モードの影響により、1階と屋上階の応答が他の階の応答より大きくなっている。さらにレベル3の加振では振動台の加速度を大きく上回る結果となっている。図-3に、レベル3のSCTを入力とした場合の1階および屋上階の応答加速度波形を示すが、2次モードの成分が顕著に見られる。レベル3の加振では、2・3階の梁端部の損傷が著しく、曲げクラックが上端から下端に貫通している。積層ゴムの最大応答せん断ひずみは320%に達しており、ハードニング域に入ったことにより上部建屋への地震力が急激に増大して上部構造の損傷が生じたものと考えられる。積層ゴムには、なんら損傷は生じていない。

#### 5. まとめ

免震構造物の大地震時の安全性と終局時の挙動を明らかにすることを目的として鉄筋コンクリート造免震構造物の振動台実験を行い、十分な免震効果があることを確認した。解析等の詳細については、参考文献に示した。



(a) 加速度応答倍率



(b) 免震層の変形

図-1 最大応答値(ブレース補強試験体)

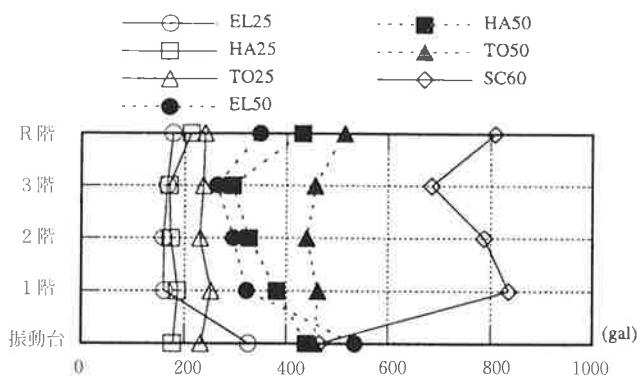


図-2 最大応答加速度  
(ブレース補強無試験体、積層ゴム: Type 1)

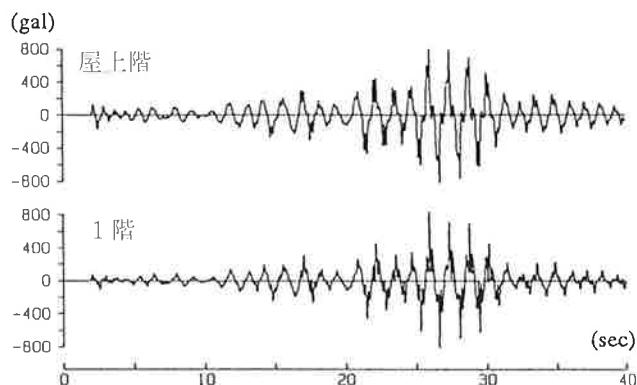


図-3 応答波形(SCT、ブレース補強無)

#### 参考文献

伊藤他:鉄筋コンクリート造免震構造物の振動台実験(その1~3), 日本建築学会大会1993年9月  
菊池他:鉄筋コンクリート造免震構造物の振動台実験, 日本建築学会構造系論文集1994年8月

## こたえは免震構造

技術委員長 和田 章

1994年1月17日のノースリッジ地震のちょうど一年後の1995年1月17日に兵庫県南部地震が淡路島、神戸市から大阪の西部を襲いました。我が国が受けた地震災害では、関東大震災の次に大きな被害を受け、阪神大震災とも呼ばれています。

関東大震災の後にその被害報告をまとめた委員会の一員でありました寺田寅彦先生は大きな災害が起こる度に引用されるいくつかの格言を残しています。誰でも知っているのは「天災は忘れた時分にやって来る」でしょうが、もう一つ10年ほど前に坪井善勝先生が建築雑誌に書かれた文章で引用していた文があります。これは「人間の一生の長さが、今の100倍長い、地震が五風十雨の如く頻繁に発生すれば、地震災害はなくなる」です。一人の一生の間に大震災級の地震を何百回も受け、つまり地震が5日に1回吹く風や、10日に1回降る雨と同じようなものになれば、この程度の風で屋根が飛んだり、雨が漏ったりする家がないのと同じように、地震で壊れる家を作る人はいなくなることを言っています。

このように、大地震が日常的なものになったとき、大地震でも壊れず、内容物や人命も保証できるような構造技術を我々は持っていると言えるでしょうか。建物内部に生じる加速度の大きさを問わないならば、建物をそのまま横にしても壊れないような頑丈な建物を作ればよいことになります。内部に生じる加速度までを問題にするならば、普段の生活が不便でも、常に家具は壁に固定し、扉や引き出しも固定し、そのなかにある一つ一つのものも固定して保存することになります。これらを使うときには、取り出す度に固定ジグを外し、使い終わったら再度固定して保存することになります。

ここで現実に戻り、100年に一度または1000年に一度しか大きな地震が来ないとすると、上で述べたようにすべてのものを固定する生活ができるはずはありません。現在一般に用いられている耐震設計法のように、極めて稀に来る地震に対しては、建物の損傷を認め、家具は壁に固定するとしても、扉や内容

物をつづつ固定することはしないと考えるほうが自然です。その結果本当に大地震が来てしまえば、この度の兵庫県南部地震のように大きな災害が生じてしまいます。

我々はもう一つの耐震技術として免震構造を育ててきました。言うまでもなくこの技術は地震の大きな加速度を建物内部に入れないことが目的であり、構造物の損傷も、内容物の転倒・移動についても、生じないようにできると考えています。寺田寅彦先生の言うように大地震が日常的に来るとしても耐振性を確保することができ、建物内では現状の我々の生活のように、ほとんど地震のことを忘れて生活することができる耐震工学の一つの答えです。

## 速報 兵庫県南部地震観測記録結果 (株)松村組 技術研究所

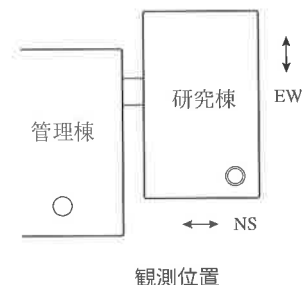
神戸市北区鹿の子台南町5丁目2番2号

兵庫県南部地震で地表と、研究棟（RC造3階建、免震構法）、隣接する管理棟（S造、在来工法）の最上階で記録された加速度波形の最大値を示します。

最大加速度値（単位  $\text{cm}/\text{sec}^2$ ）

|        | NS    | EW    | UD    |
|--------|-------|-------|-------|
| 地表（基礎） | 274.4 | 261.9 | 233.3 |
| 免震棟    | 145.3 | 250.8 | 267.8 |
|        | 196.0 | 270.3 | 336.1 |
| 管理棟・R階 | 970.5 | 674.3 | 371.7 |

※NSは研究棟の短辺方向、EWは研究棟の長辺方向を表す。

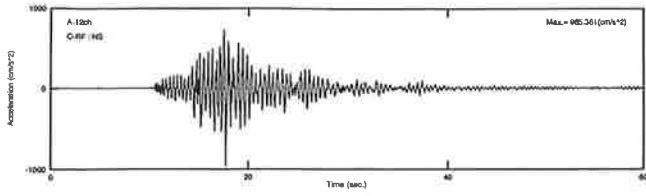


次回に詳細はご報告いたします。

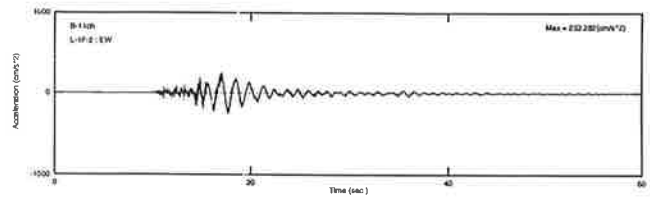


# トピックス

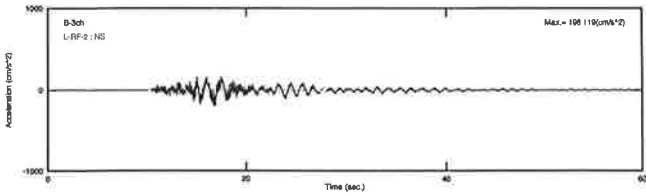
兵庫県南部地震（1995年1月17日5時46分）  
NS成分記録波形



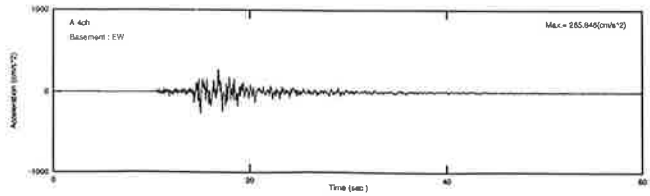
研究棟（RC造・免震構造）屋上



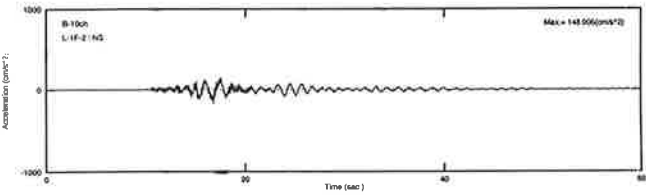
管理棟（S造）屋上



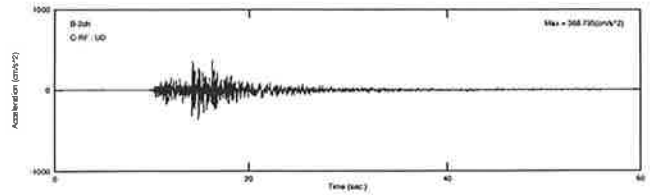
研究棟（RC造・免震構造）1階



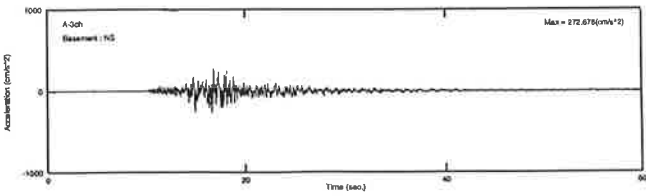
研究棟（RC造・免震構造）屋上



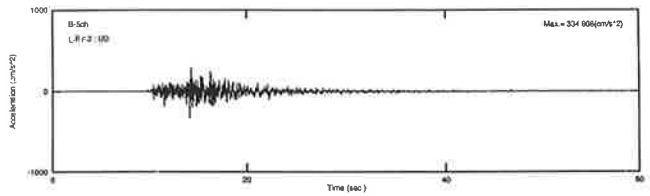
UD成分記録波形



研究棟（RC造・免震構造）1階

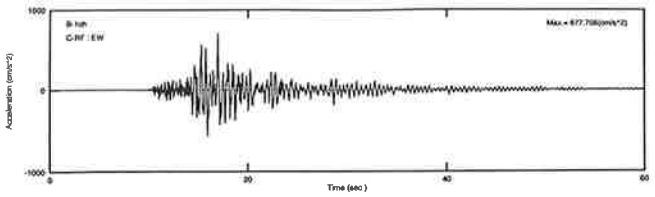


管理棟（S造）屋上

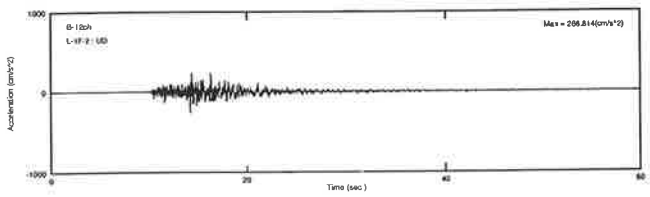


地表

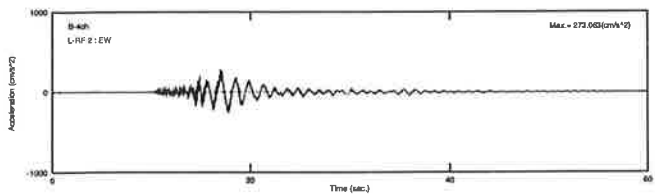
EW成分記録波形



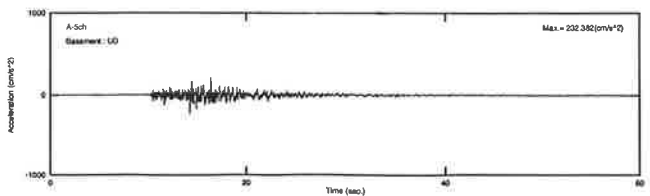
研究棟（RC造・免震構造）屋上



管理棟（S造）屋上



研究棟（RC造・免震構造）1階



地表

### 技術委員会

委員長 和田章

技術委員会では昨年の末に5番目のWGとして施工グループを発足し、「やさしい免震構造の設計」の内容を充実させようと、各委員の皆様とも頑張っております。各WGの進行状況をお知らせします。

**アイソレータの性質WG**では、主に2項目について検討しています。

◇減衰機能を包含した積層ゴムアイソレータの減衰評価と簡略設計法に適用できる簡略型履歴モデルの作成

◇積層ゴムの形状（特に2次形状係数）と変形能力、面圧の関係（高山 峯夫）

**ダンパーWG**では、[1]各種ダンパーの写真例、[2]履歴ダンパーと粘性ダンパーの比較、[3]各種ダンパーの振幅毎の特性変化、[4]ダンパー設計例、[5]粘性体ダンパーの減衰力計算フロー、などを追加する方向で作業を進めています。（村井 信義）

**略設計法WG**では、アイソレータとダンパーが一体型のものについて、簡略設計法が適用できるような手法を追加するとともに、設計例を通じて、動的解析による手法との比較を行い、妥当性を検証したいと思っています。（人見 泰義）

**上部構造・基礎構造の設計WG**では、施工WGの発足に当たり、当WGから田中氏、大泉氏、杉江氏、菅野氏、（杉山氏に交代）が移られました。1年間ありがとうございました。新たに千馬氏を迎え、「優しい免震構造の設計」改定作業をスタートします。免震建物の設計の流れに即した構成、図表を多用し、表現の平易化を重視して進めたいと考えています。

（山本 裕）

**施工WG**では、新しく出来たWGなので、WG3、4と連携した活動を進めている。免震建物の「施工」に関しては各社各様の工法が採用されています。WG5では、共通で一般性のある施工法を中心に設計者にわかりやすい「施工」について解説を行います。また、免震建物の建築計画及び設備計画に関しても、その概要を解説する予定です。（田中 清）

### 規格化・標準化委員会

委員長 寺本隆幸

規格化WGで進める「天然ゴム系積層ゴムアイソレータのJSSI規格」作成作業は、各委員の素案を1まとめとし、内容の調整を行っている。最新の技術を反映し、アイソレータの性能に深く関わる事項は何かを念頭に置いて進めている。アイソレータ・ダンパーは、柱・梁などの構造部材と同様に構造設計者が扱う部材であり、その際設計者と製作メーカーを結ぶ共通言語になるものと考える。

維持管理WGでは、免震建物の維持管理業務を当協会受託すべく準備を進めており、第1号の受託を控え、実務を新設の維持管理事業委員会に引き継いだ。WGでは引き続き、維持管理点検マニュアル・維持管理体制・契約書などのまとめ作業を行っている。

### 広報委員会

委員長 須賀川 勝

次回以降には阪神大震災に関連した記事を積極的に掲載していくようにするため、2月1日の広報委員会で検討した執筆依頼、編集担当者等にもとずき、各方面からのご協力をお願いする予定です。また場合によっては臨時特集の様な形にした今までの形式に囚われないような会誌にしてみたいとも思っております。シリーズとなっている記事もできるだけ震災に関連させた内容になるようにする予定です。

次号の執筆をお願いするであろう諸先生がたも恐らくこの大震災関連でお忙しい最中ですがご協力いただきたいと思います。

今回の地震については色々な角度からの検討が続けられるでしょうが、免震構造という切り口でこの会誌に取り上げていくことにしたいと思います。

今回の会誌第7号の編集担当は鳥居、山竹、坪井、有田のみなさんでした。年末から年始にかけての多忙の折に頑張ってくださいました。

### 運営委員会・事務局

副会長 山口昭一

1994年度運営委員会が11月28日に開催され、共同住宅特別委員会、維持管理事業委員会、運営基盤整備委員会、事業委員会の設置が決まりました。また、日本建築学会への委託研究がなされた。その内容は「動的外乱に対する設計における免震構造の位置づけに関する調査研究及び資料の収集」で、研究期間は1年間、委託費は百万円です。

三陸はるか沖地震、兵庫県南部地震と今年は大地震で年が始まりましたが免震トピックスにもありましたように免震構造の真価が発揮されました。もっと普及することが望まれます。

現在登録されている会員情報を確認することにし1月中旬に会員の皆様に“委員会情報の確認について”と“委員会メンバー情報の確認について”という文章を事務局よりファクシミリにて問い合わせをしました。

新しい情報のメンテナンスに心がけております。今後は年に一度、このような会員情報の確認をしますのでご協力をお願いします。なお、期中に住所・部署等の変更がありましたら速やかに事務局へお知らせ頂ければ幸いです。

その他、事務局保管資料を皆様に貸出できるように整理している最中です。

## 委員会の動き

### ■委員会等活動状況

(1994.11.1~1995.2.1)

| 月 日    | 委員会名                  | 場所     | 出席者 |
|--------|-----------------------|--------|-----|
| 11. 1  | 広報委員会                 | 事務局    | 12名 |
| 11. 8  | 免震積層ゴム工場見学会           | ブリヂストン | 80名 |
| 11. 17 | 技術委員会WGリーダー会議         | 事務局    | 3名  |
| 同      | 規格化・標準化委員会「規格化」WG     | 同      | 14名 |
| 11. 21 | 事務局会議                 | 同      | 9名  |
| 11. 24 | 規格化・標準化委員会「維持管理」WG    | 同      | 8名  |
| 11. 25 | 技術委員会「アイソレータの性質及び接合法」 | 同      | 5名  |
| 11. 28 | 運営委員会                 | 同      | 18名 |
| 12. 7  | 技術委員会「ダンパーの性質及び接合法」   | 竹中工務店  | 7名  |
| 12. 9  | 技術委員会「上部構造・基礎構造の設計」   | 事務局    | 6名  |
| 12. 12 | 技術委員会「略設計法」           | 同      | 7名  |
| 12. 13 | 技術委員会「施工」             | 同      | 7名  |
| 12. 15 | 12月通信理事会              |        | 41名 |
| 1995年  |                       |        |     |
| 1. 11  | 第1回 維持管理事業委員会         | 事務局    | 7名  |
| 1. 13  | 規格化・標準化委員会「規格化」WG     | 同      | 15名 |
| 1. 18  | 技術委員会「施工」             | 同      | 7名  |
| 1. 19  | 技術委員会「アイソレータの性質及び接合法」 | 同      | 5名  |
| 同      | 規格化・標準化委員会「維持管理」WG    | 同      | 10名 |
| 1. 20  | 第1回 事業企画委員会           | 同      | 10名 |
| 同      | 事務局会議                 | 同      | 10名 |
| 1. 21  | 1月 通信理事会              |        | 41名 |
| 1. 30  | 技術委員会「略設計法」           | 事務局    | 6名  |
| 1. 31  | 技術委員会「上部構造・基礎構造の設計」   | 同      | 5名  |
| 2. 1   | 広報委員会「会誌7号編集」WG       | 同      | 6名  |
| 同      | 広報委員会                 | 同      | 10名 |

## 新入会員

|             | 社名             | 代表者   | 所属・役職   |
|-------------|----------------|-------|---------|
| 第1種正会員 (法人) | 株式会社 開発設計      | 箕田 忠雄 | 代表取締役社長 |
|             | 株式会社 安井建築設計事務所 | 梶座 正信 | 代表取締役社長 |

|             | 氏名    | 所属             |
|-------------|-------|----------------|
| 第2種正会員 (個人) | 川股 重也 | 東北工業大学 建築学科 教授 |

|           | 社名             | 代表者   | 所属・役職 |
|-----------|----------------|-------|-------|
| 賛助会員 (法人) | 有限会社 マサ建築構造設計室 | 真崎 雄一 | 代表取締役 |

|           | 氏名    | 社名             |
|-----------|-------|----------------|
| 賛助会員 (個人) | 古川 洋  | 有限会社 安芸構造計画事務所 |
|           | 四ヶ所 猛 | 株式会社 総合経営研究所   |

|                             |             |     |
|-----------------------------|-------------|-----|
| 日本免震構造協会会員数<br>(95年1月25日現在) | 第1種正会員 (法人) | 62社 |
|                             | 第2種正会員 (個人) | 49名 |
|                             | 特別会員        | 4団体 |
|                             | 賛助会員 (法人)   | 47社 |
|                             | 賛助会員 (個人)   | 43名 |

|    |      |   |                    |
|----|------|---|--------------------|
| 脱会 | 賛助法人 | 1 | (有)STEP構造設計        |
|    | 賛助個人 | 1 | 飯酒益茂幸 (株)エムオーエム事務所 |

# 梅村 魁先生の訃報に接して

東京建築研究所 山口 昭一

去る1月31日夕刻、車中で当会会長梅村 魁先生の訃報を受けました。このところ難病との闘いで、やややつれられたお姿を拝見するものの、お会いしてお話をお聞きするときは、大変気迫のこもった、いつもの先生になっておられました。先生は、昨年12月15日と今年の1月11日に神田の新八識にお見えになり、熱のこもった哲学、宗教、歴史のお話をされました。たまたま1月11日には当協会の委員会と重なり私は出席出来ませんでした。友人からは、中世の歴史について、今までよりお元気にお話をされたそうです。その先生が何故いま、私達の前から突然去られたことに、私は何の言葉も出ません。今ご紹介するまでもなく、先生は我が国の耐震構造研究の第一人者として、大きな業績を残しておられます。一方先生の真価は、これ以外にも皆様もご存知のように広い視野からの見識、人をへだてない融和な対話、後輩を育てるためのきびしい教え、等々数え上げられない目に見えない大変な人格をお持ちの方でした。

私ごとになりますが、大学卒業以来今まで先生にあまえ困ったことがあるときはいつも先生の所に伺い、今考えると誠に申し訳ないようなことでもお願いもしてきました。免震構造についても同様で先生のご援助がなかったら今の姿はなかったと思っています。当協会の設立についても、先生はご多忙にもかかわらず、快く会長を引き受けていただきました。

一昨年の設立総会、昨年の総会にもお出でいただきました、その後の懇親会にもお出でいただき、多くの会員の方とご懇談をされました。更に昨年8月31日の免震・建築フォーラムにもお出でいただき会長のご挨拶をされましたが私には昨日のように感じられます。

大変非常識だとは思いますが、昨年の総会後の懇親会場でのスナップを載せさせていただきます。

黒枠に先生を入れたくない、先生はまだ私の中で、生き生きとしています。

## 梅村 魁先生の略歴

東京大学名誉教授

以下の公職を歴任

日本建築学会 会長

日本コンクリート工学協会 会長

国際地震工学会 会長

芝浦工大 理事

ベターリビング 理事長

建設省建築審議会 会長

著書「鉄筋コンクリート建物の耐震設計法」以下多数



JCOSSAR'95

# 第3回構造物の安全性・信頼性に関する 国内シンポジウム

- 主催：日本学術会議安全工学研究連絡委員会  
日本学術会議構造工学研究連絡委員会
- 共催：安全工学協会、土質工学会、土木学会、日本機械学会、日本建築学会\*、日本航空宇宙学会、日本材料学会、日本造船学会  
(\*印幹事学会)

○協賛：日本免震構造協会他

○趣旨：

本会議は構造物の安全性・信頼性に関する諸問題について、専門領域を越えた幅広い研究発表、討論を通して、技術レベルと学術の向上を図ることを目的に開かれるものである。主催は日本学術会議安全工学研究連絡委員会・構造工学研究連絡委員会で、多くの関係学協会の共催・協賛を得て実施される。

国際的な場ではICOSSAR (International Conference on Structural Safety and Reliability) が4年ごとに開催されているが、その中間年に国内シンポジウム(JCOSSAR)を開くという構想のもとに、1987年12月に第1回構造物の安全性および信頼性に関する国内シンポジウムが開催され、多大の成功を取めた。今回はその第3回であり、ICOSSARとの関連では、第6回(1993年、インスブルック)と第7回(1997年、京都)の中間年に当たる。本会議を機に、ICOSSAR'97へ向けて、構造信頼性およびその関連分野の基礎・応用研究の一層の展開が期待される。

ここで対象とする構造物は、土木構造物、建築構造物、機械、産業・エネルギープラント、海洋構造物、船舶、自動車、鉄道、航空・宇宙機など多岐にわたるが、それらの安全性・信頼性に関わる共通の課題として、材料・構造部材・構造システムの信頼性理論、荷重の評価、設計・製作・施工の管理、既存構造物の維持・管理、自然的原因による災害と、人為的原因による事故に対するハザードの予測とリスク評価およびその対策などが議論の対象となる。特に、最近の研

究成果のみでなく、現場での技術的実践に関する報告を大いに歓迎する。また、進行中の研究やプロジェクトに関する発表の場を設けるので、構造物の安全性、信頼性に関する新しい考え方や取り組みが紹介されることを期待する。

このような視点に立ち、多くの研究者・技術者が専門の枠を超えて研究発表を行い、自由な討論・意見交換を通して、構造物の安全性・信頼性の向上に寄与する場としたい。奮ってご参加ください。

○期日：1995年11月15日(水)、16日(木)、17日(金)

○会場：日本学術会議(東京都港区六本木7-22-34、  
電話：03-3403-6291)

○資料代(講演論文集)：

事前申込の場合

一般：10,000円 学生：5,000円(当日受付にて配布)

当日購入の場合

一般：12,000円 学生：6,000円

○懇親会：

第2日(11月16日) 18:00より(会費、6,000円)

会場：健保会館(〒107東京都港区南青山1-24-4  
電話03-3403-0531)

## 1. 事前申込要領

①申込締切：1995年10月31日(火)

②申込方法：氏名、所属、住所(連絡先)、懇親会への出欠を明記した紙片を同封の上、現金書留で日本建築学会 JCOSSAR'95 係宛て、資料代および懇親会参加費をご送金ください。

## 2. 論文募集要領

①講演申込締切：1995年3月31日(金)

②講演申込および講演論文原稿提出先：

〒108 東京都港区芝5-26-20

日本建築学会 JCOSSAR'95 係宛(担当、野口)

(電話：03-3456-2057 FAX：03-3456-2058)

# 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







## 編集後記

「忘れた頃にやってくる」はずの天災が次々と起こってしまいました。年末の「三陸はるか沖地震」に続いての「阪神大震災」は未曾有の大惨事となり各分野に様々の問題を投げかけているようです。心からお見舞申し上げますとともに、早急な復興を願っております。

ちょうど一年前の会誌第3号の本欄にノースリッチ地震の速報を急遽掲載したため執筆をお願いした方々にご苦勞をおかけしたことを書きましたが、今回も同様に原稿締切日をとうに過ぎていたため、残

念ながら関連した速報記事だけを掲載しました。一年前の同じ日に米国で威力を発揮した免震構造を普及させるべく開催された昨8月31日のフォーラムの成果が現実のモノとなるにはあまりにも時間が少なかったのは残念です。

今後調査が進むにつれてさまざまな角度から耐震構造についての検討がなされるでしょうが、免震構造の利点が改めて見なおされることを期待したいものです。

広報委員会 須賀川 勝

1995 No.7号 平成7年2月27日発行

東京都新宿区信濃町20  
(株)東京建築研究所内

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

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 于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