

## 実大免震試験機と免震建築・制振建築のさらなる推進

和田 章<sup>1</sup>, 米田雅子<sup>2</sup>

### 1. はじめに

免震構造・制振構造に使われる実大の免震部材や制振部材を対象に、大荷重・大変位・実速度の載荷が可能な動的試験機は 20 年以上前に米国、続いて中国、イタリア、トルコなどの地震国に設置され稼働しているが、日本には設置されていなかった。これが可能な実大免震試験機の実現は、構造設計者、橋梁技術者、設計事務所、建設会社、免震部材・制振部材のメーカーだけでなく、土木工学や建築学に関わる研究者の大きな夢であった。日本学術会議、特に土木工学・建築学委員会（委員長: 米田雅子 2017-2020）は公開シンポジウム（2019 年 1 月 15 日、参考 1）を主催、そして提言（2019 年 4 月 16 日、参考 2、文献 1）の発出によって、実大免震試験機の必要性を強く主張してきた。この動きは国土交通省、文部科学省および内閣府に広がり、試験機の具体的な設置への機運が高まっていった。

実大免震試験機に関する研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」（管理法人：国立研究開発法人防災科学技術研究所）の中の一つの課題として公募が行われ、これに採択されたプロジェクトである。この研究は、京都大学の高橋良和を研究代表者、東京工業大学の竹内徹、吉敷祥一、大成建設の篠崎洋三などの多くの研究者や技術者の叡智を結集し、防災科学技術研究所と E-Defense のご協力を得て実施された。具体的には、構造計画研究所の設計監理のもと、大成建設、三菱重工機械システム、日鉄エンジニアリング、黒沢建設などの先進企業の努力と協力によって 2023 年 3 月に予定通りに兵庫県三木市の E-Defense の隣地に完成した。

実大免震試験機的设计・製作・施工に携わった研究者および多くの関連企業の 300 人を超える熱意ある人々は、地震国日本には免震構造・制振構造の進展と信頼性確保が重要であるとの共通認識を持ち、世界一の性能の実大免震試験機を設置する目標に向かって真剣に取り組んだ。2023 年 3 月号に発表された英文論文 ”High-performance Dynamic Testing Installation for Seismic Isolation Bearings and Damping Devices”<sup>文献 2)</sup> のまとめに、本プロジェクトに関わり、支援をいただいた多くの方々の氏名を掲載し謝意を示した。

### 2. 実践と理論

現在の力学の原点はガリレオ・ガリレイに始まり、約 400 年前に出版された力学に関する著書「新科学対話」は戦前に和訳されている。図 1 は石材の片持ち梁の強さを調べる実験を表し、石材の幅と成を  $B$  と  $D$  とするとき、断面の曲げ強さはこの石の引張強さに  $BD^2/2$  を乗じて計算できることを示した。現在の教科書では、鋼梁や木梁の断面係数は  $Z=BD^2/6$  とされているが、石材の引張り強さが圧縮強さに比べて圧倒的に小さいことを考えると中立軸は圧縮縁端になるためガリレオの計算式の方が正しい。この計算式は曲げを受けて、全断面が折れて破断する石材の姿を見て考えたに違いない。

<sup>1</sup>東京工業大学 名誉教授

<sup>2</sup>東京工業大学 特任教授

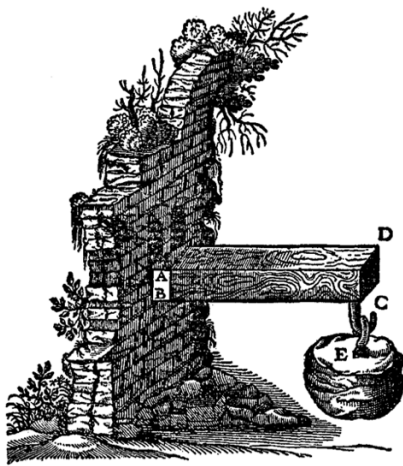


図1 石材の片持ち梁の強さ

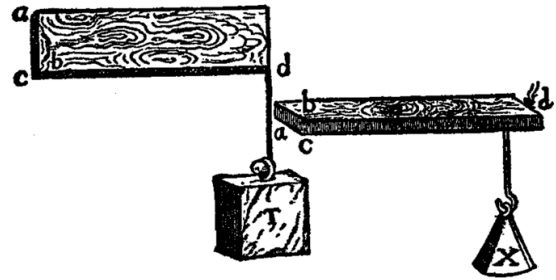


図2 長方形断面の梁の強さの比較

図2は、例えば1対5の長方形断面の石材を、縦においた場合と横においた場合の曲げ強さを比べている。石の材料強さが同じであれば、 $BD^2/2$ 式は縦に置くと $25/2$ 、横の場合は $5/2$ となり、縦に置いた方が5倍強くなる。この考察の手順は、実験の観察から求めた理論を汎用的に応用したことを表す。

我々が扱っている建築構造の安全性確保についても基本的な進め方は同じである。構造部材や構造物の強さや壊れ方を実験によって調べ、この性質を説明できる汎用的な理論を展開し、この理論を実際の構造設計そして施工に役立てる。これらの計算式を活用するためには、鉄骨構造の場合はその構造物に用いる鋼材の強さ、延び能力、靱性が必要であり、鉄筋コンクリート構造の場合についても工事に用いるコンクリートの圧縮強さ、引張り強さ、鉄筋の強度や延び能力などが必要である。これらの材料強度の試験は全国にある公的な第三者の試験機関で行われている。

### 3. 免震構造および制振構造の安全性確保と信頼性向上

免震構造、制振構造の安全性確保の進め方も基本的に同様であるが、これらの構造に組み込まれる積層ゴムやオイルダンパーなどの免震部材や制振部材が工業製品であるという点が大きく異なる。これらの部材に使われる鋼材、ゴム、粘性体などの材料が仕様書通りの性能や性質を持っていることは大前提であるが、免震部材や制振部材は複雑な工程で生産されるため、加工精度、接着、組立の正確さ、最終的な調整によって各製品の性能が発揮される。これらの性能は手で触れる製品の丁寧な製作によって発揮されるものであり、鋼材やゴムの材料の性質がわかっているにもかかわらず、組み立てた一つ一つの製品の性能の良否を数値解析で調べることは原理的にできない。

メーカー各社は不良品の出荷を起ささないために、免震部材や制振部材の全製品を対象にして、製品に損傷を与えない範囲の荷重、変位、速度の载荷条件で出荷試験を行なっている。この载荷条件は、各社の試験機に能力の限界もあり、免震部材や制振部材が大地震に発揮すべき荷重、変位、速度に比べて小さく、設計者や施工者が期待している製品の性能を十分に調べているとは言えない。

実大免震試験機（E-Isolation）はこの限界を打破するために、2023年春に設置された公的試験機である。この新しい試験機を活用することにより、免震部材・制振部材の大地震時を想定した大荷重・大変位、実速度の試験が可能になり、新しい免震部材や制振部材の開発研究はもちろん、社会に出荷する各種の製品の第三者試験が可能になり、免震構造および制振構造の安全性の確保と信頼性を圧倒的に向上することができる。

#### 4. 免震部材および制振部材の性能認証と性能確認

実大免震試験機 E-Isolation を活用して免震部材および制振部材の性能を調べ、具体的に建設される免震構造および制振構造の信頼性を確保する仕組みとして、性能認証 (Certificate) と性能確認 (Project) を考える。

##### 1) 性能認証 (Certificate)

製造メーカーの申請により、製造メーカーが製造している主要な免震部材および制振部材について、3年に一度の頻度で実大動的試験を実施し、第三者機関として性能を認証する。結果として、発注者、設計者、施工者が安心してこれらの部材を用いることができる。

建設時に試験を行わなくて済むため、建設工事の進捗に影響を与えない利点がある。免震部材および制振部材を多用しない小規模構造や工期が短く性能確認 (Project) の試験を行わない免震構造および制振構造の場合に有効な性能認証 (Certificate) である。

##### 2) 性能確認 (Project)

性能確認 (Project) は、個別プロジェクトにおいて、その構造物に使われる多数の免震部材および制振部材から試験体を選び、実大動的試験を行い、これらの品質・性能を第三者機関として確認する方法である。大規模な免震構造および制振構造の場合に有用な方法である。実際の建物に使用する免震部材および制振部材の性能を直接確認するので、事前に確認する上記の性能認証 (Certificate) と併せて、品質についてより高い信頼性を与えることができる。

#### 5. 実大免震試験機 (E-Isolation)

2023年3月に竣工した実大免震試験機の載荷能力を以下に示し、全景を写真1に示す。

(鉛直方向)	(水平方向)
・荷重 36,000kN (静的) 30,000kN (動的)	・方向：一方向
・変位：±12.5cm	・荷重：6,400kN (静的) 5,100kN (動的)
・速度：7cm/sec	・変位：±130cm
	・速度：80cm/sec



写真1 兵庫県三木市に完成した実大免震試験機 (E-Isolation)

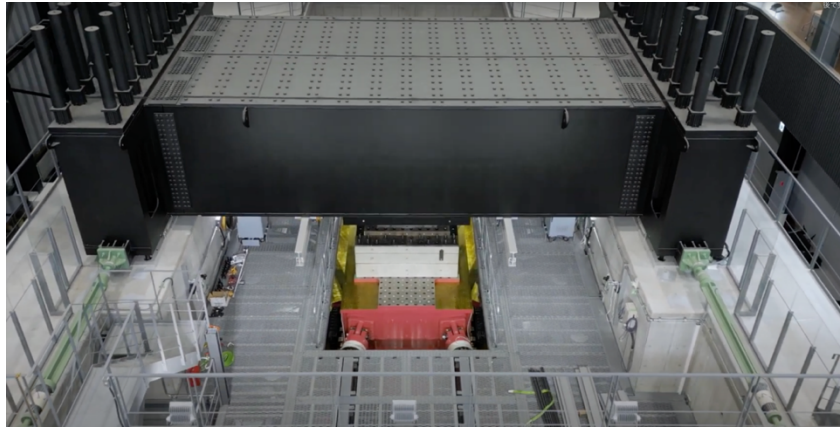


写真2 上加振台（赤色）と反力梁（黒色）の間に試験体を設置して、試験する

実大免震試験機（E-Isolation）の特徴を一つ述べる。海外に作られた同種の試験機では、水平荷重の測定を水平アクチュエータ先端の荷重検出機（load cells）によって行っている。この方法では、試験機の水平可動部分に大鉛直荷重によって生じる摩擦力および大重量の加振台の慣性力が含まれてしまい、正しい測定結果を得るのが難しい。

この試験機では、摩擦や慣性力の影響を受けないように、反力梁を鉛直方向には「剛」に水平面内には「柔」に設置し、実験時には水平方向に 1mm 程度の動きが起こるようにした。この反力梁に 4 本の荷重計測器を設置して水平荷重を計測するシステムを組み込んでいる。

## 6. 免震構造の利点と推進

建築基準法では、大地震時に 1.0 に相当する水平力が作用するとされている。この大きな水平荷重に対して、構造物の塑性変形能力に期待して骨組の耐力を 0.25 から 0.55 まで低減している。「靱性確保」は「損傷覚悟」である。損傷を受けた構造物は取り壊されることになりやすい。さらに、大地震時の基礎固定の一般的な建物内の応答は 1.0G 以上になり、免震構造の応答の 10 倍を越える。社会には壊れやすく脆いもの、不安定なものが多くあり、建物が剛強で壊れないとしても、地震直後の社会の機能維持は難しい。これらは重要事項であるにもかかわらず、一般の人々に伝わっていない。

免震構造（seismic isolated structures）の場合、数百年に一度、極めて稀に襲うとされる大地震動を受けるときに生じる一階の層剪断力係数は 0.15 以下である。基礎固定の普通の建築が、数十年の間に 2、3 度のように稀に受けるとされる中小地震に対する一次設計用剪断力係数は 0.20、この水平力に対して許容応力度設計が行われている。免震構造の 0.15 はこれより小さい。この考察から明らかのように、大地震時の免震構造の基礎、上部構造は、一般建築よりやや小さな水平荷重に対して許容応力度設計を行えば良い。構造体に必要な力学的性能は「一般的な建築よりやや小さな強度」であり「過剰な靱性確保」は不要になる。上部構造の設計が容易になるだけでなく施工性が大いに高まる。この良さを十分に活用すれば、免震構造は一般的な構造より安くできるに違いない。

これまで多くの専門家は、「免震建築は数百年に一度の大地震を受けても被害を受けない技術」と説明してきた。しかしこの説明では、一般の人々には「遠い将来になるまで役立つことはない技術」だと思われてしまう可能性があった。これについて、川口健一、竹内徹から指摘があり「免震建築には明日から享受できる良さがある」ことを議論した。この議論を整理して以下に纏める。

- a. 意匠設計、構造設計、設備設計に際し、地震の少ない国のような自由な設計が可能になる。
- b. 建物内部に激しい揺れが起きないため、快適で美しい建築空間の設計が可能になる。
- c. 免震構造は層間変形角が小さいため、天井、設備配管、間仕切り壁、サッシュ、ガラスなどの設計が自由になり、美しい意匠が可能になる。
- d. 免震構造の大地震動時の設計層剪断力係数は0.15以下、基礎固定の建物の中小地震動時（一次設計）の0.2より小さいため、1981年までに使われていた許容応力度設計法が使える。
- e. 新耐震設計法の二次設計（保有水平耐力）は不要になり、骨組の増分応力解析も不要になる。
- f. 設計用層剪断力が小さく弾性設計が可能のため、柱本数を減らすことができ、柱・梁の断面を小さくすることもできる。
- g. 耐震壁や筋違を活用して、剛性と耐力を外郭または中央のコアなどで集中的に確保し、その他の部分の柱や骨組を軽快にすることができる。
- h. 免震層に偏心が無く上部構造が低層のときは、1981年以前のように弾性的な捩れ変形を考慮すれば良い。
- i. 鉄筋コンクリート構造で求められる靱性保証のための過剰な剪断補強筋などが不要になり、コスト軽減と施工性向上が図られる。
- j. 鋼構造で求められる鋼部材の幅厚比制限が緩和でき、接合部は存在応力で設計できるので保有耐力接合は不要になり、鋼材量の軽減だけでなく施工性の向上が図られる。
- k. 集合住宅、病院や行政施設、計算センター、美術館、事務所、工場、大型倉庫など、大地震直後に機能を維持しなければならない建築の構築が可能になる。
- l. もし大地震を受けても、機能は維持され、建物を取り壊さなくても良い、建て直す必要もない。そして都市の命も続く。

## 7. 制振構造の利点と推進

制振構造にはいろいろな取り組みが行われているが、ここで考察する制振構造 (**damped structures**, **passive controlled structures**) は、骨組の設計を工夫し、上部構造の骨組の弾性限界の変形域を一般の構造物より若干大きく取るようにし、小さな層間変形からエネルギー吸収を発揮する制振部材を骨組の要所要所に組み込む構造法である。結果として、大地震時の応答変形が骨組の弾性変形域を超えないようにすることができる。制振部材 (**damped members**, **sacrifice members**) は座屈拘束筋違、摩擦筋違、粘性壁、オイルダンパーなど多様であるが、骨組を守るために進んで地震エネルギーを吸収する。大地震時には柱梁などの主要部材には大きな損傷は起きず、制振部材の性能確認を行えば良い。1990年代から鉄骨の高層ビルに適用が始まり、高層鉄筋コンクリート構造、最近では低層建築にも応用されている、ほとんど全ての建築に使える技術であり、免震構造と同様、上手に設計すれば、一般の耐震建築より安くできる。近い将来に地震が起こるとされているから、地震後に使えなくなり建て直す建築に比べ、制振建築は圧倒的に価値がある。

参考文献

1 : 日本学術会議提言「免震・制振のデータ改ざん問題と信頼回復への対策」土木工学・建築学委員会委員長：米田雅子、副委員長：前川宏一、委員：小林潔司、田辺新一、磯部雅彦、小池俊雄、池田駿介、大西 隆、嘉門雅史、木下 勇、桑野玲子、小松利光、寶 馨、竹内 徹、塚原健一、内藤 廣、望月常好、吉野 博、依田照彦、和田 章、高橋良和、田村和夫、永野正行、2019年4月16日、日本学術会議ホームページ

2 : “High-performance Dynamic Testing Installation for Seismic Isolation Bearings and Damping Devices”, Yoshikazu Takahashi, Toru Takeuchi, Shoichi Kishiki, Yozo Shinozaki, Masako Yoneda, Koichi Kajiwara, and Akira Wada



参考1) 日本学術会議公開シンポジウムのポスター (2019年1月15日に開催)

日本学術会議公開シンポジウム

# 免震・制振データ改ざんの背景と信頼回復への道筋

**日時:** 2019年1月15日(火) 13:30~17:30  
**会場:** 日本学術会議講堂(東京都港区六本木7丁目2番地34号)

**主催:** 日本学術会議 土木工学・建築学委員会  
**後援:** 日本建築学会、土木学会、日本地震工学会、防災学術連携体、  
日本建築構造技術者協会、日本免震構造協会

**参加費:** 無料 **定員:** 300名  
**申込方法:** 以下の申込フォームより申してください  
<https://ws.formzu.net/fgen/S48684885/>



**開催趣旨**

2018年10月に公表されたオイルダンパーの出荷検査のデータの改ざん、2015年3月の免震積層ゴムのデータの改ざんは、市民、不動産業界、建設業界に多大な混乱を招いている。いずれの製品も構造物に組み込まれているため、検査や取り替えは容易でない。

世界に先駆けて地震国日本において研究が進み、実用化が図られてきた免震構造や制振構造の信頼性が揺らいでいる。地震に負けない構造物を造るためには、免震や制振の製品の性能を担保することが重要であることは論をまたない。これまで、重要な製品の性能確認を製造会社の自社出荷検査に任せてきたことに直接的な原因があるが、品質管理方法に関して徹底した原因究明のもと、性能確認試験データ改ざんの再発防止策を講じる必要は大きい。

この問題については、出荷される免震・制振製品が十分な品質を確保していることを検証する上で、信頼できる第三者による抜き取り検査体制の確立、海外にあるような本格的な実験設備を備えた検査機関の設置の2点が解決の糸口になると考えるが、シンポジウムでは、一つの提案を行い、講演者、会場の方々と真剣な議論を行い、信頼回復のためのより良い道筋を見出したい。

**プログラム**

司会 依田 照彦(日本学術会議連携会員、早稲田大学名誉教授)

**13:30 開会及び趣旨説明**  
米田 雅子  
(日本学術会議会員、土木工学・建築学委員長、慶應義塾大学特任教授)

**13:35 来賓挨拶**  
淡野 博久(国土交通省住宅局建築指導課長)

**13:40 免震・制振部材およびそれを用いた建物の認定の現状**  
竹内 徹(日本学術会議連携会員、東京工業大学教授)

**14:00 検査データの改ざんと免震・制振の地震時応答**  
斉藤 大樹(日本学術会議連携会員、豊橋技術科学大学教授)

**14:20 高減衰免震ゴムの検査データ捏造と取り替え工事**  
高山 峯夫(福岡大学教授)

**14:40 オイルダンパーの検査データ改ざんと取り替え工事**  
山中 昌之(大林組設計本部副本部長)

**15:00 橋梁における免震支承および制振ダンパーの性能保証**  
高橋 良和(日本学術会議連携会員、京都大学教授)

**15:20 免震・制振部材の実大実験をめぐる国内外の状況**  
笠井 和彦(東京工業大学特任教授)

**15:40 休憩(10分)**

**15:50 免震・制振の信頼回復への一提案**  
和田 章(日本学術会議連携会員、東京工業大学名誉教授)

**16:10 総合討論「信頼回復への道筋」**  
コーディネータ 米田雅子(前出)、和田 章(前出)

**17:25 閉会挨拶**  
前川 宏一  
(日本学術会議会員、土木工学・建築学副委員長、横浜国立大学教授)

**17:30 閉会**

問合せ先: 米田事務所 中川 Tel: 03-5876-8461 (月水金、10時から17時) E-mail: hisyo@yoneda-masako.com

参考2) 日本学術会議提言の抜粋 (2019年4月16日に発出)

提言

免震・制振のデータ改ざん問題と  
信頼回復への対策



平成31年(2019年)4月16日

日本学術会議  
土木工学・建築学委員会



## 要 旨

### 1 作成の背景

2015年3月に、東洋ゴム工業(株)の高減衰積層ゴム免震支承のデータの改ざん問題が公表され、154棟の免震構造の建物について新しい製品への取り替えのための大掛かりな工事が進められている。同時に、行政と構造設計者・施工技術者は、このような製品の試験データの改ざんが起きないように、製作工場の立会い検査を充実させるなどの対策を講じてきた。それにもかかわらず、2018年10月にKYB(株)、(株)川金コアテックの免震構造用オイルダンパー及び制振構造用オイルダンパーについて、出荷検査のデータの改ざん問題が再び公表された。データが改ざんされたダンパーが組み込まれた建物は、可能性のあるものを含めると約1100棟に上っている。

世界に先駆けて地震国日本において研究が進み、市民に期待され、実用化を進めてきた免震構造と制振構造の信頼性が揺らいでいる。いずれの製品も建物に組み込まれているため、再検査や取り替えは容易でなく、建物の居住者・使用者を不安に陥れ、建設業界・設計業界、不動産業界に混乱を招いている。免震・制振技術に向けられる市民の目は厳しくなっている。

データ改ざんの被害者・関係者にとって、抜本的な対策が喫緊の課題となっている。土木工学・建築学委員会では、積層ゴム免震支承及びオイルダンパーなどを含めて、本問題の背景を調べ、免震・制振構造の信頼回復と今後の健全な発展のために必要な対策を検討し、この提言を纏めた。

### 2 現状及び問題点

大地震後に続けて使えることを目指した免震構造や制振構造を作るためには、設計通りの免震支承や制振用のダンパーなどの製品の性能を担保することが必須であり、そのために確実な試験による性能検査が必要である。製造や検査に関わる技術者を性善説にもとづき暗黙に信頼し、製品の性能確認を、主に製造会社の自社出荷検査に任せてきたことに、本問題発生の根本的な要因がある。

実物の製品を用いた免震支承やダンパーの性能確認について、わが国では製造会社所有の試験機を用いた全数検査が長年にわたり行われている。これは必要なことであるが、実大の製品を地震時の実際の状況に近い形で試験できる装置がないために、ほとんどの場合、低速度、縮小モデル、単純な加力法、限られた繰り返し回数の試験を基に、種々の方法で外挿して実大製品の性能を推測している。このように、各製造会社独自の方法による自主検査は、データ改ざんが行われる温床になりやすく、外部の技術者は改ざんに気付くことができず、発覚を逃れてきた。

これらの製品の取り替え工事は、多大な労力と巨額の費用がかかると言われ、たとえ製造会社がこの全額を負担するとしても、この仕事は、所有者、居住者、設計・施工の関係者だけでなく日本にとっての大きな損失であり、二度と同じことが起きないための対策が必要である。

### 3 提言の内容

#### (1) 第三者の試験施設を用いた抜き取り検査の実現

工業製品の性能を確認するシステムとして、製造者と利害関係のない第三者の試験施設を用いて抜き取りの性能試験を行うことは一般的に行われていることであり、国際的にも工業製品の品質管理の常套手段である。免震支承やダンパーについても、製造会社による全製品の自社検査に加えて、建設中の建物に組み込まれる前の製品の一部を、発注者、設計事務所、建設会社などの指示により任意に抜き取り、第三者による客観的な試験を行い、製品の性能を担保することが必要である。免震・制振装置は海外からも輸入されており、輸入品について国内の第三者による抜き取り試験の実施体制を整備することが必要である。

#### (2) 大型製品の実大試験施設の導入

免震支承やダンパーの性能検証をするためには実大試験が必要である。米国、中国、台湾、イタリアには本格的な試験施設があり、発注者、設計事務所、建設会社などの指示に対応して、実物大の製品の動的試験を行うことが可能である。

その一方で、日本には実大動的試験設備がなく、免震構造や制振構造の安全確保に必要な、免震支承やダンパーの実大試験施設の整備が急がれる。

日本は免震・制振技術で世界をリードしてきたが、現状のままでは国際競争力の低下も懸念されるため、研究や技術開発の面からも整備が望まれる。

#### (3) 共用の大型試験設備を持つ検査機関の設置

共同利用を前提とした大型試験施設を保有する第三者検査機関の設置が必要である。この設立にあたっては、官民連携で、国の支援に加えて、民間から広く資金を募ることを考える。検査機関が設置されると、製造会社とは独立に、免震支承やダンパーの本格的な試験を行うことができる。発注者、設計事務所、建設会社などからの要望により、実際に設置される前の免震装置やダンパーそのものを任意に抜き取って持ち込み、試験を行うことができる。

なお、2019年1月15日に日本学術会議公開シンポジウム「免震・制振データ改ざんの背景と信頼回復への道筋」を開催し、この提言案を説明し、会場の300名を超える参加者と議論し、アンケート調査を行った。総合討論では本提言に賛同する意見が多く出され、アンケート回答者(275名)の約83%が第三者機関の必要性に、約90%が大型試験施設の必要性に賛同し、本提言の実現が広く期待されていることが明らかになった。

## ＜参考資料 2＞世界の 3 軸動的載荷試験機

建築・土木構造物の安全性の確認、設計法の開発、新しい構造の開発などには構造部材の実験、これらを組み合わせて構築される骨組の実験が必要であり、世界の各地に大きな試験設備が設けられ、20 世紀・21 世紀の構造技術が進んできた。

耐震構造に関わる試験設備は、主に振動台試験機と載荷試験機に分かれる。振動台試験機は、地震時の地動を再現して動く振動台の上に試験体を載せて試験するものである。兵庫県三木市にある実大三次元震動破壊実験施設（Eーディフェンス）が代表的な振動台である。

本提言が対象とするのは載荷試験機で、構造部材、免震・制振用の各種装置を対象に直接的に加力する装置である。1 軸載荷、2 軸載荷、3 軸載荷の種類があり、荷重のかけ方で静的試験機、動的試験機に分類される。3 軸動的載荷試験機とは、鉛直荷重を載荷した状態で、水平 2 方向に動的に加圧できる試験機のことである。

免震・制振用の各種装置には、3 軸動的載荷試験が必要であり、諸外国にはこの 20 年間の間に、下表のように 3 軸動的載荷試験機が設置されてきた。鉛直載荷能力は 5 施設で 5000 トン以上、水平荷重は 5 施設で 2 方向加力の能力を持ち、速度は秒速 1 m 以上の試験機が多く、変位は 1 m を超えるものもある。2016 年 4 月の熊本地震において、免震構造の病院が片振幅 45cm を超える楕円軌跡を描いた事実より、これらと同程度の試験能力は必要と考えられる。しかし、現状では、我が国にこのような規模と能力を持つ 3 軸動的載荷試験機は設置されていない。

表 世界の 3 軸動的載荷試験機

海外の大型試験装置	鉛直載荷能力			水平 載荷 方向	水平載荷能力		
	荷重 (ton)	速度 (cm/s)	変位 (cm)		荷重 (ton)	速度 (cm/s)	変位 (cm)
米国・カリフォルニア大学サン ディエゴ校、2000	5,340	25.4	±12.7	主軸	890	180	±120
				副軸	445	76	±60
イタリア・パビア大学 EU セン ター、2007	5,000	25.0	±6.0	主軸	190	220	±50
				副軸	100	60	±26.5
イタリア・メッシーナ大学、ユ ーロラボ、2017	1,600	5.5	±3.5	主軸	310	110	±55
				副軸	140	110	±37.5
台湾・国立耐震工学研究センタ ー（台北）MATS、2007	6,000	3.3	±7.5	主軸	390	25	±120
				副軸	390	2.5	±10
台湾・国立耐震工学研究センタ ー（台南）BATS、2017	6,000	15.0	±7.5	主軸	400	100	±120
				副軸	--	--	--
中国・広州大学、耐震工学研究 センター、2019 完成予定	10,000	25.4	±32.0	主軸	1,000	100	±150
			120.0	副軸	500	80	±60