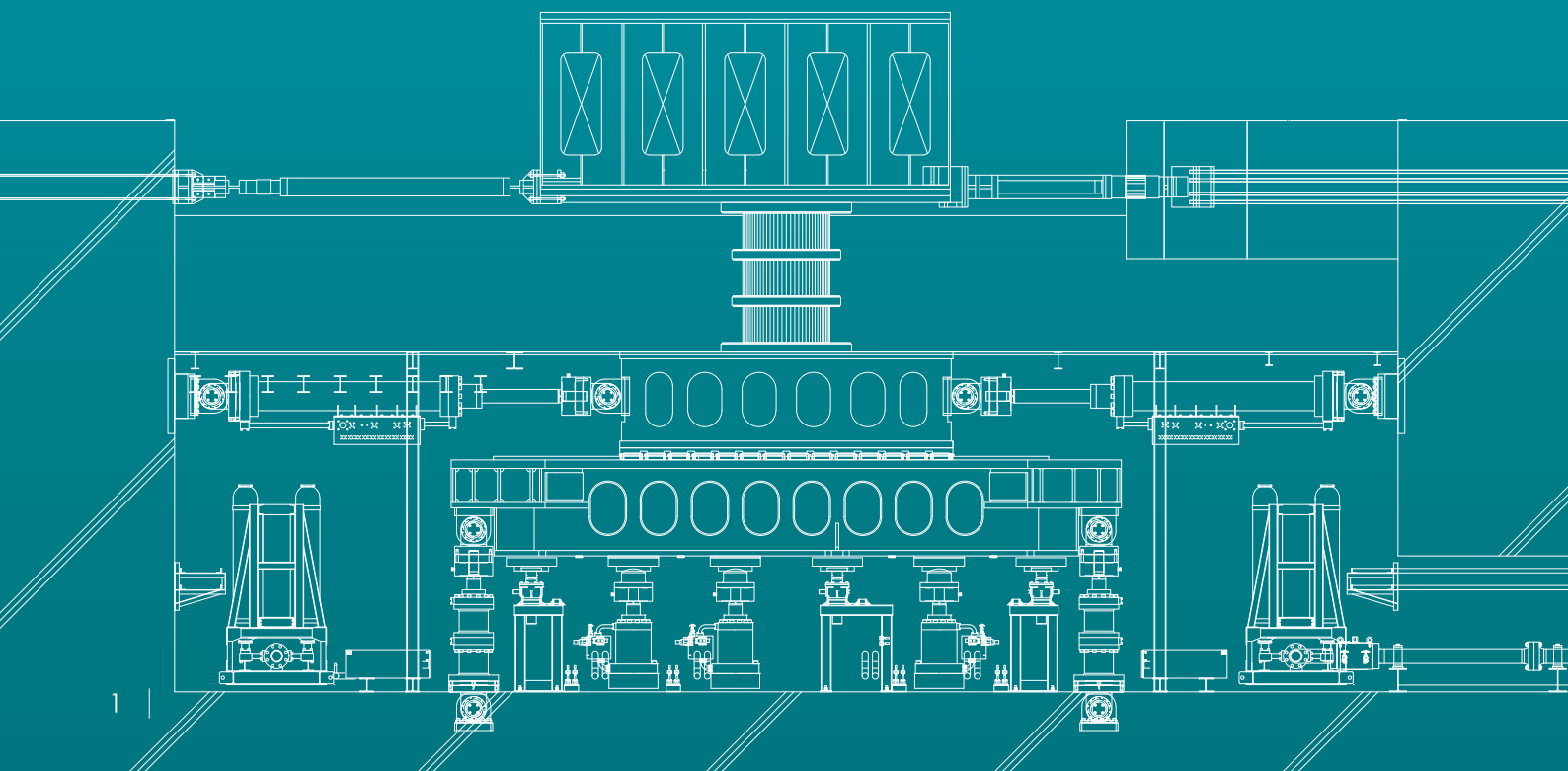




免震技術・制振技術の更なる発展のために 実大免震試験機 (E-Isolation)

国立大学法人 東京科学大学
一般財団法人 免震研究推進機構

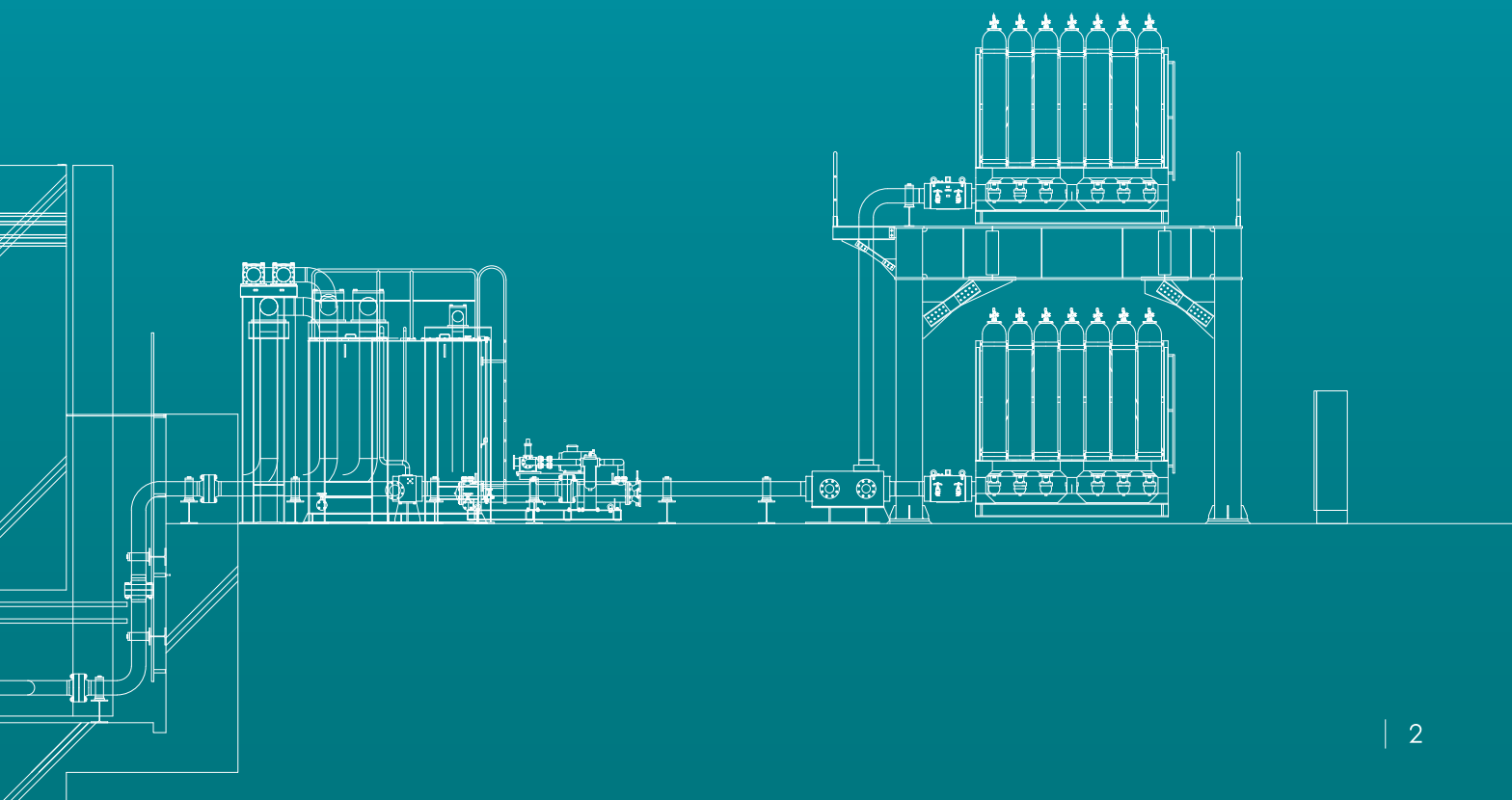


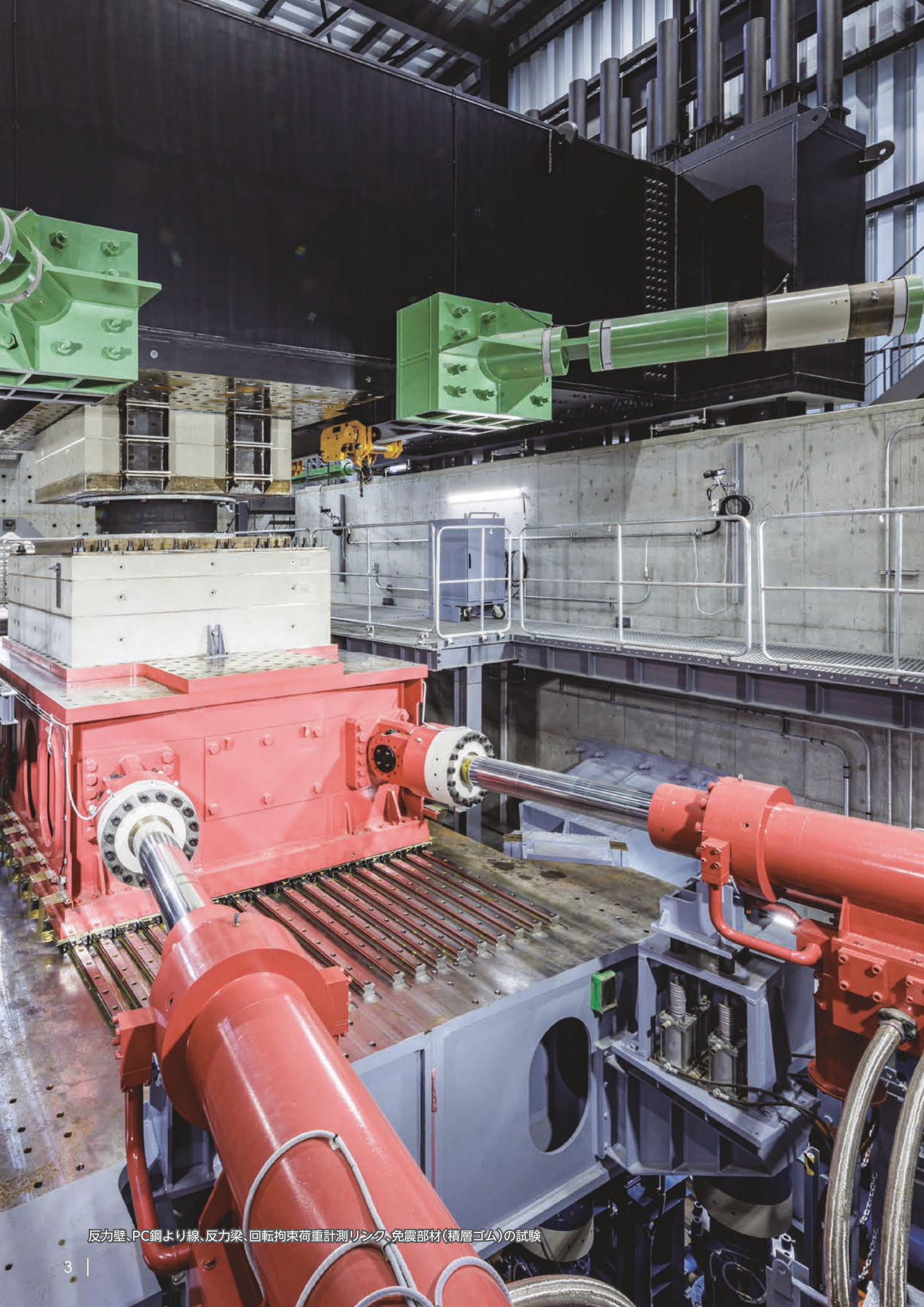
内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP-2)

京都大学、東京科学大学、(一財)免震研究推進機構は、2021年に公募された内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP-2)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」分野において、研究開発課題名「高精度荷重計測機構を有する動的試験機を活用した解析法の開発」に応募し、採択されました。研究課題である大型動的試験機技術の開発を進めると同時に、社会実装として検証用試験機の共同利用施設としての活用を推進します。

一般財団法人 免震研究推進機構

(一財)免震研究推進機構は、世界初の「高精度荷重計測機構を有する動的試験機」となる実大免震試験設備の実現を目指し、その運用を担う機関として2021年4月に設立されました。本財団は実大動的試験施設の有効な利活用を促進し、大型化する免震部材・制振部材の確かな品質確保に努めます。さらに試験施設を大いに活用し免震構造・制振構造の世界トップレベルの研究教育基盤づくりに勤しんでいきます。





反力壁、PC鋼より線、反力梁、回転拘束荷重計測リンク、免震部材(積層ゴム)の試験

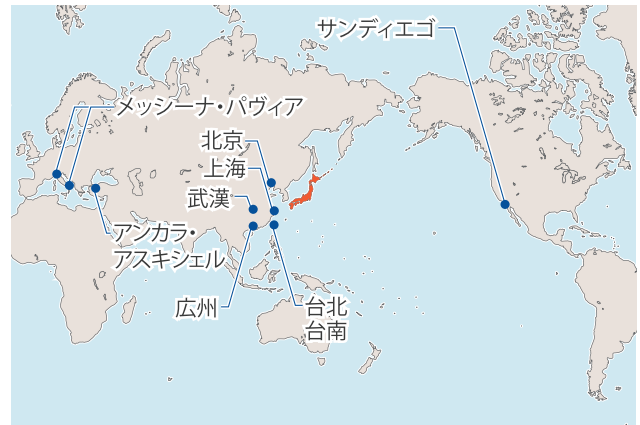
世界の安全に貢献する確かな免震制振技術の発展を目指して

免震構造の日本国内での歴史は1983年に遡ります。千葉県八千代台に建設された2階建ての住宅において、初めて免震構造が採用されました。その後、1995年に発生した兵庫県南部地震において、免震構造の優れた性能が確認され急速に普及が進みました。

日本の免震構造は約40年、1995年前後から増えてきた制振構造は30年、両者とも長い歴史ではありませんが、近年の大きな地震を受けて、これらの性能が発揮されています。免震構造・制振構造の優位性が社会に認識され、普及が進むと同時に、多くの技術開発が推進されています。

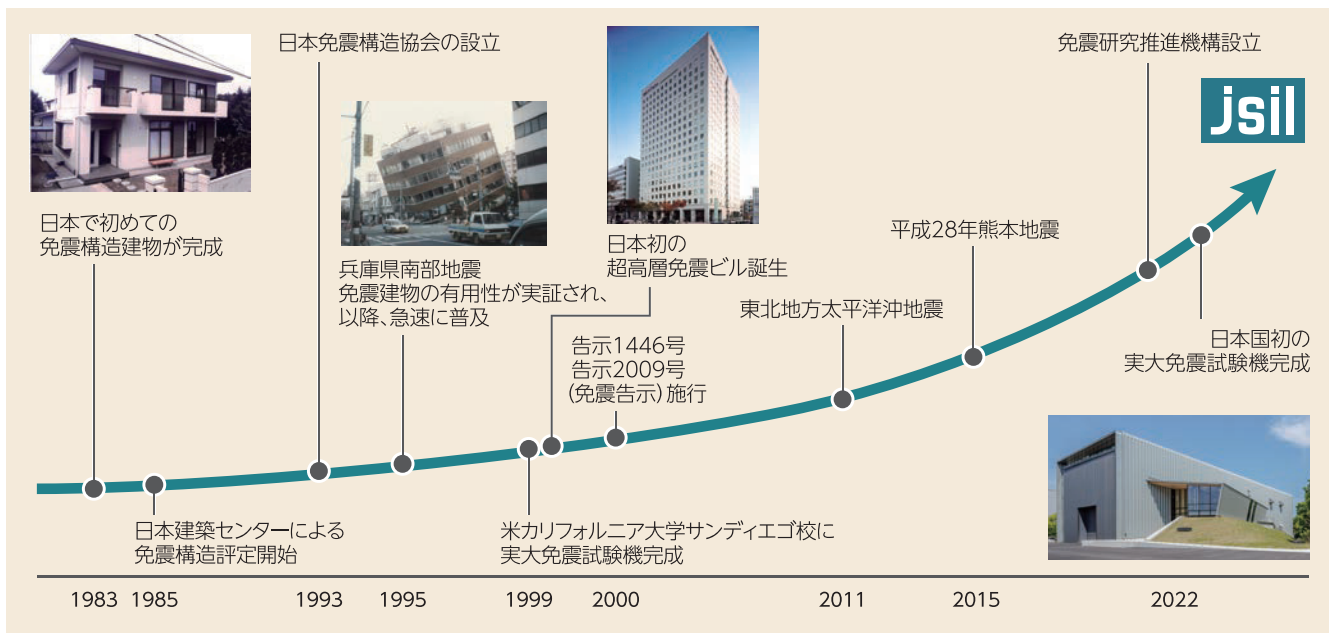
免震構造の上部構造は、この重量を支持しつつ水平二方向に大きく変形する免震部材の上に載って、大きな動きを起こします。ただ、この動きはゆっくりしており、上部構造に生じる水平力は小さく、柱・梁・耐震壁などは弾性挙動におさまります。限られた数の免震部材が大きな水平変形を受けることにより、上部構造の何百・何千の部材を守り、建物の中に暮らす人々を守り、社会・経済などの活動を守ります。**制振構造**は、鋼材ダンパー、オイルダンパー、制振壁などを骨組全体に組み込み、地震時の揺れを抑え、骨組を弾性挙動におさめることができます。

このようにして、建物、まち、都市の機能を地震後も継続できますが、このためには、一つ一つの免震部材・制振部材が確かな性能を持っている必要があります。免震部材・制振部材の動的特性の検証・把握について、多くの関係者は実大の部材が実際の地震時に受ける状況を再現した実大動的試験の必要性を理解していましたが、実大部材の動的性状を検証できる「大型動的試験機」が日本国内にないため、実大の免震部材・制振部材について実際の速度・変形を与える実験が実施できませんでした。一方、諸外国を見ると、サンディエゴ、



メッシーナ、パヴィア、エスキシェル、アンカラ、北京、上海、武漢、広州、台北、台南には「大型動的試験機」が設置され、実大部材の動的実験検証が行われています。20年以上にわたり日本免震構造協会を中心に実大免震試験機の設置に向けた努力が続けられてきました。

この度、念願の「実大免震試験施設」が設置され、令和4年度末に稼働を開始しました。免震部材・制振部材の真の性能を明らかにし、免震技術・制振技術をさらに発展させなければなりません。この技術によって地震時の高い性能が得られるだけでなく、構造体の初期建設に用いる鋼材、コンクリートなどの量を減じることもできます。これだけでもSDGsに寄与しますが、これらの構造物が迫る大地震を受けたとき、損傷を受けず継続して使えるようになり、今までのように「使用不能、取り壊し、再建設」の必要がなくなり、SDGs達成のために大きく貢献します。これは各企業にとって環境・社会・企業統治に配慮した重要なESG投資になります。大地震を受けても被害が起こらず、人々の生活だけでなく社会の活動が継続できる次の時代を、皆様とご一緒に創ることができれば幸甚に思います。



SIP研究 —— 高精度荷重計測を有する動的試験機を活用した

世界にある動的試験機が抱えている課題を解決するため、本研究では3つの課題に取り組みます。
以下に3つの課題の関係性を表す概念図を示しています。

SIP 国家レジリエンス(防災・減災)の強化 IX. 実大部材地震挙

本研究開発の範囲

高精度荷重計測機構を有する動的試験機を活用した解析法の

協力機関: 防災科学技術研究所
兵庫耐震工学研究センター
E-Defenseの運用実績に基づく
大型加力試験機の技術的検討と活用策

協力機関: 日本免震構造協会
JSSI規格との連携・免震技術に
関する助言・協力

大型加力試験機の
不在がボトルネック

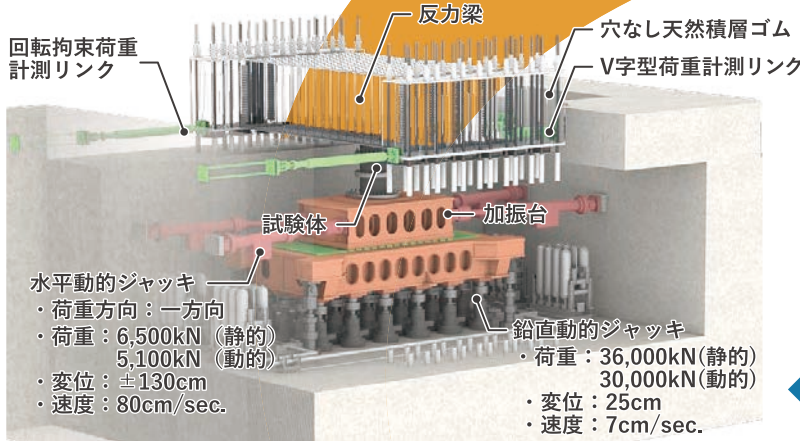
大鉛直荷重

加力・計測

≒ 1500mm

フィジカル空間での
実大(詳細)免震装置モデル

リアルタイムハイブリッドシミュ 大型建造物の動的性能評価法



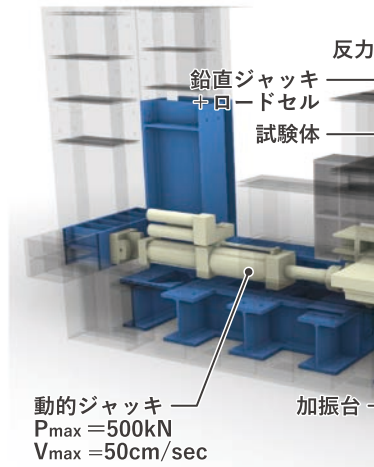
水平動的ジャッキ
・荷重方向: 一方向
・荷重: 6,500kN (静的)
5,100kN (動的)
・変位: ±130cm
・速度: 80cm/sec.

鉛直動的ジャッキ
・荷重: 36,000kN(静的)
30,000kN(動的)
・変位: 25cm
・速度: 7cm/sec.

大鉛直荷重・高速度・大変形で試験体を 加振させる大型動的加力試験機技術の開発

社会実装責任者: 和田章[JSIL]

フリティカル技術
の開発



動的ジャッキ
P_{max} = 500kN
V_{max} = 50cm/sec

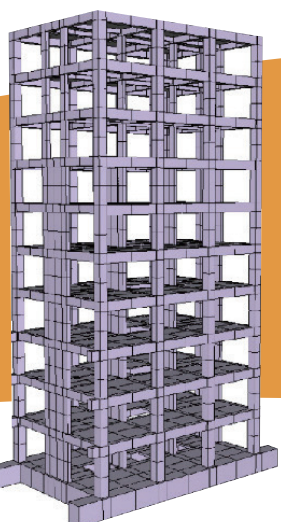
高鉛直荷重を支持す 三方向動的加力試験 摩擦力・慣性力除去

- ・現在、世界には実大免震試験機が存在するが、試験体の正確な測定値を得るのに時間がかかる(数ヶ月かかることもある)
- ・大鉛直荷重下での動的試験において、「摩擦力・慣性力をリアルタイムに除去する計測システム」が存在しない

解析法の開発

動解析システム開発

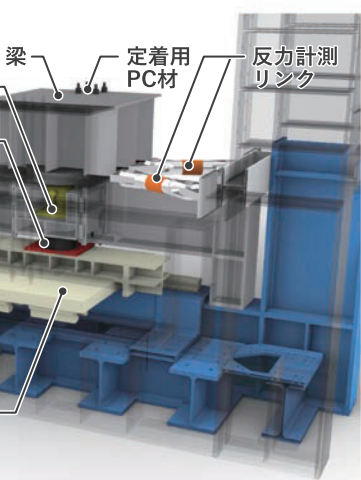
開発



サイバー空間での
大規模システムモデル

レーション技術の高度化と

の開発 研究開発責任者: 高橋良和[京都大学]



る免震部材の 機計測値における

技術の開発 主担当: 竹内徹[東京科学大学]

国家レジリエンスの未来

学术界

- 防災分野の基礎的研究の推進(応用研究との融合)
- 先端技術を採用した防災・減災科学研究の促進

産業界

- 実大免震部材・制振部材の性能検査による信頼度の向上
- 公正な技術開発競争による積極的な防災分野への投資
- 試験・評価法の世界的な 規準化・規格化

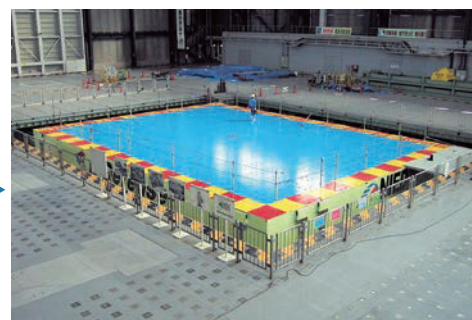
世界の耐震研究拠点

- 日本が**世界に誇る** サイバー空間とフィジカル空間の**競演**



©RIKEN

スーパーコンピュータ「富岳」



世界最大3次元震動台

**Society 5.0を支えるインフラは
地震時でも機能を継続できるようになる**

国内初の実大免震試験機が誕生しました

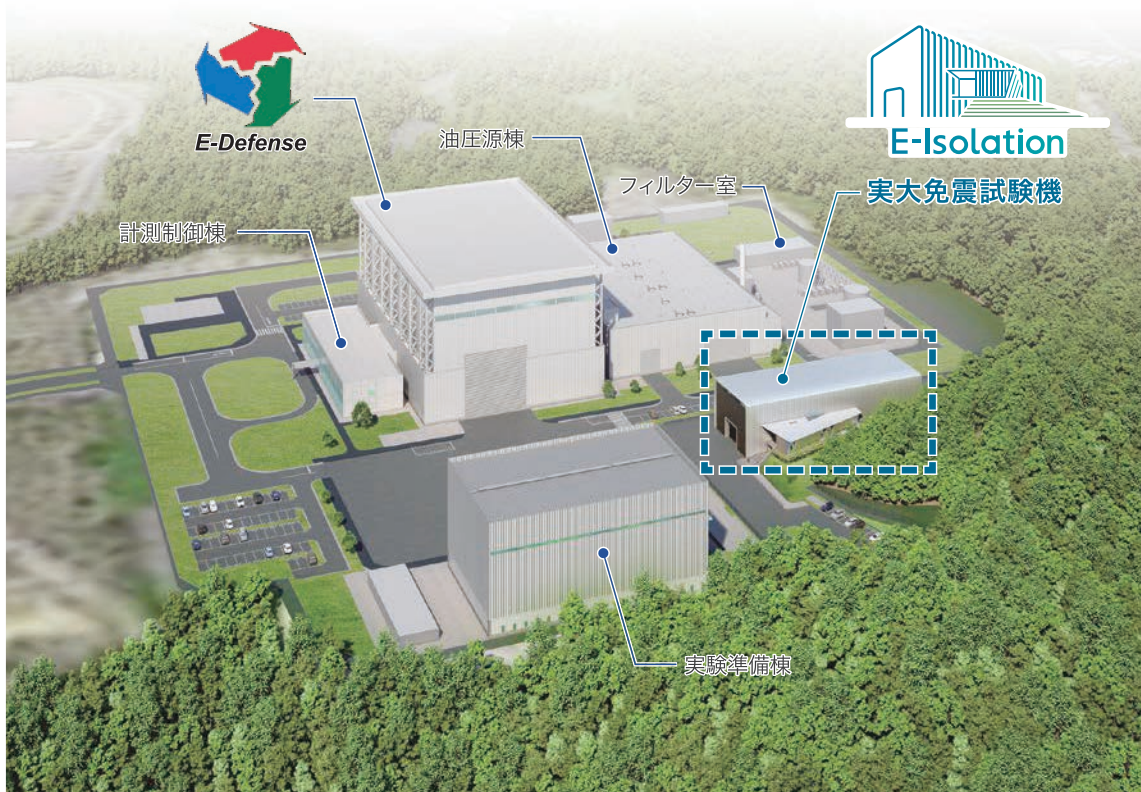
2005年に建設されたE-Defense (イーディフェンス) の隣接敷地に、免震部材・制振部材の実大動的試験を行う国内初の試験機が誕生しました。

E-Defenseと実大免震試験機により、世界の耐震研究の拠点に

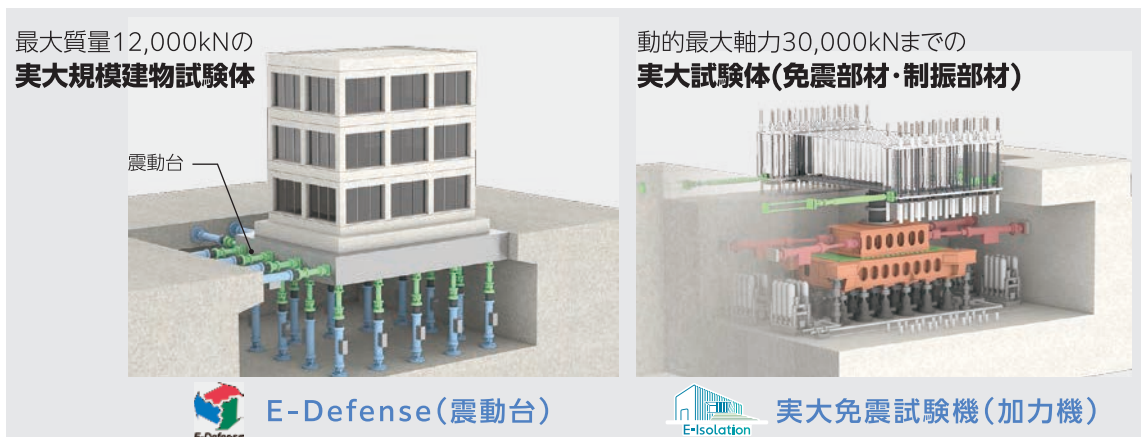
実大三次元震動破壊実験施設 E-Defenseは世界最大の3次元震動台を保有しており、最大12,000kNまでの重量の実大規模の建物に地震の揺れを直接与えることでその揺れや損傷、崩壊の過程を詳細に検討することができます。

この度新たに設置されるのは大型動的载荷試験機であり、動的に最大30,000kN、静的には36,000kNの鉛直荷重を積載した状態で実際の免震支承が経験する高速度、大变位の加振を可能としています。

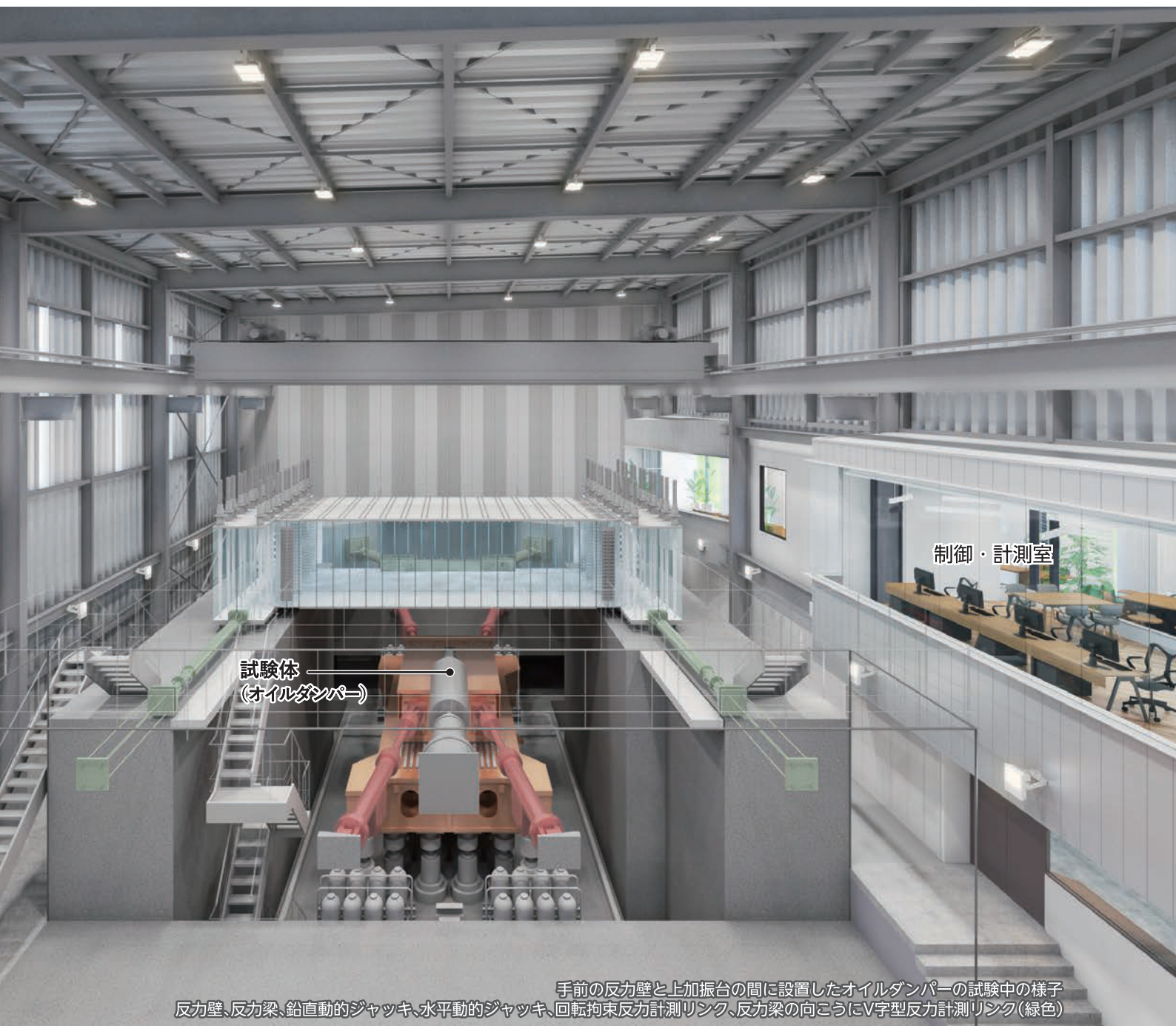
日本には世界の地震の10%が起きていと言われています。兵庫県三木市に大型震動台と実大免震試験機 (大型動的载荷試験機) が整備されれば、世界の耐震構造研究の拠点になることが期待されます。



実大免震試験機に面



三木防災公園の自然施設です。



試験体
(オイルダンパー)

制御・計測室

手前の反力壁と上加振台の間に設置したオイルダンパーの試験中の様子
反力壁、反力梁、鉛直動的ジャッキ、水平動的ジャッキ、回転拘束反力計測リンク、反力梁の向こうにV字型反力計測リンク(緑色)

し、近接した位置に試験機の制御・計測室を計画。動的载荷を受ける試験体を直接観察することができます。



建物外観

に調和し、自然環境を生かした



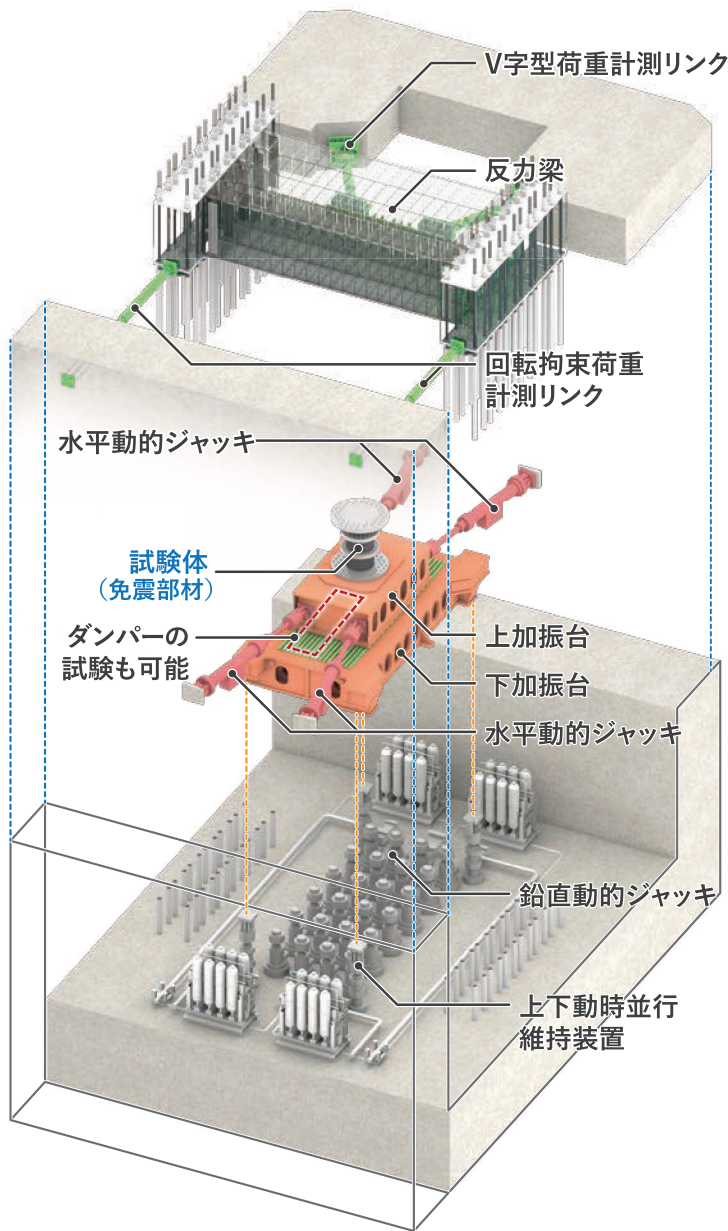
エントランス外観

エントランスにはスロープを設けており、バリアフリーに配慮しています。



計測室から試験機を見る

制御画面を確認しながら、実際の試験の载荷状況を観察することができます。



鉛直荷重載荷能力

- ・荷重: 36,000kN(静的)
30,000kN(動的)
- ・変位: 25cm
- ・速度: 7cm/sec.

水平荷重載荷能力

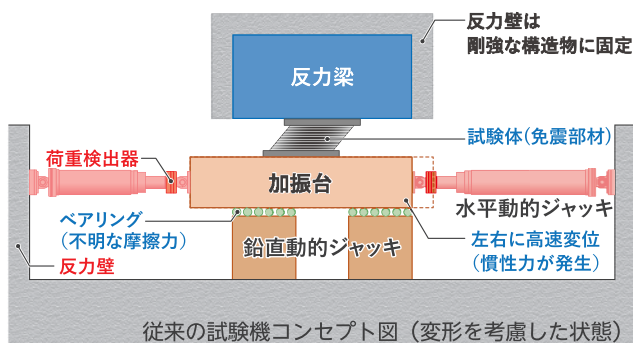
- ・加力方向: 一方向
- ・加力: 6,400kN(静的)
5,100kN(動的)
- ・変位: ±130cm
- ・速度: 80cm/sec.

全く新しい試験機の荷重計測機構

海外に設置されている既往の試験機では、水平動的ジャッキ側に備えつけられた荷重検出器の値を測定します。この測定値には、測定すべき免震部材に作用する力とともに、ベアリング部分の摩擦力と加振台の慣性力が含まれています。試験後にこの結果を除去しなければなりません、容易ではなく、数か月程度の多大な時間が必要になります。

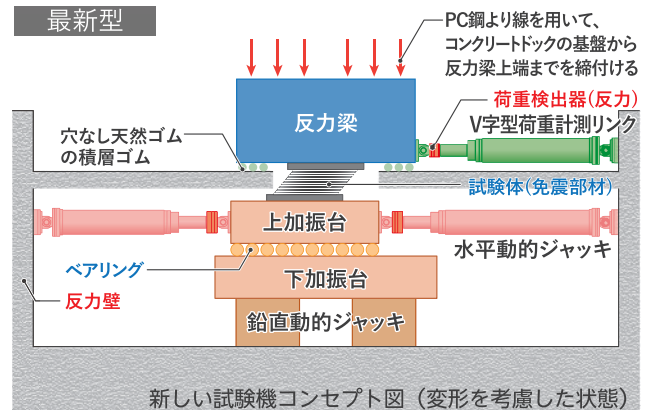
これに対し、本施設で新たに設置する試験機は、試験体上部の反力梁側に水平方向に剛強な鋼管を設置し、この鋼管に生じる力を測定することによって、摩擦力と慣性力を含まずに試験体に作用する荷重を直接的に測定します。これによって、試験体に作用する力を、瞬時に精度よく測定することが可能になります。

従来型



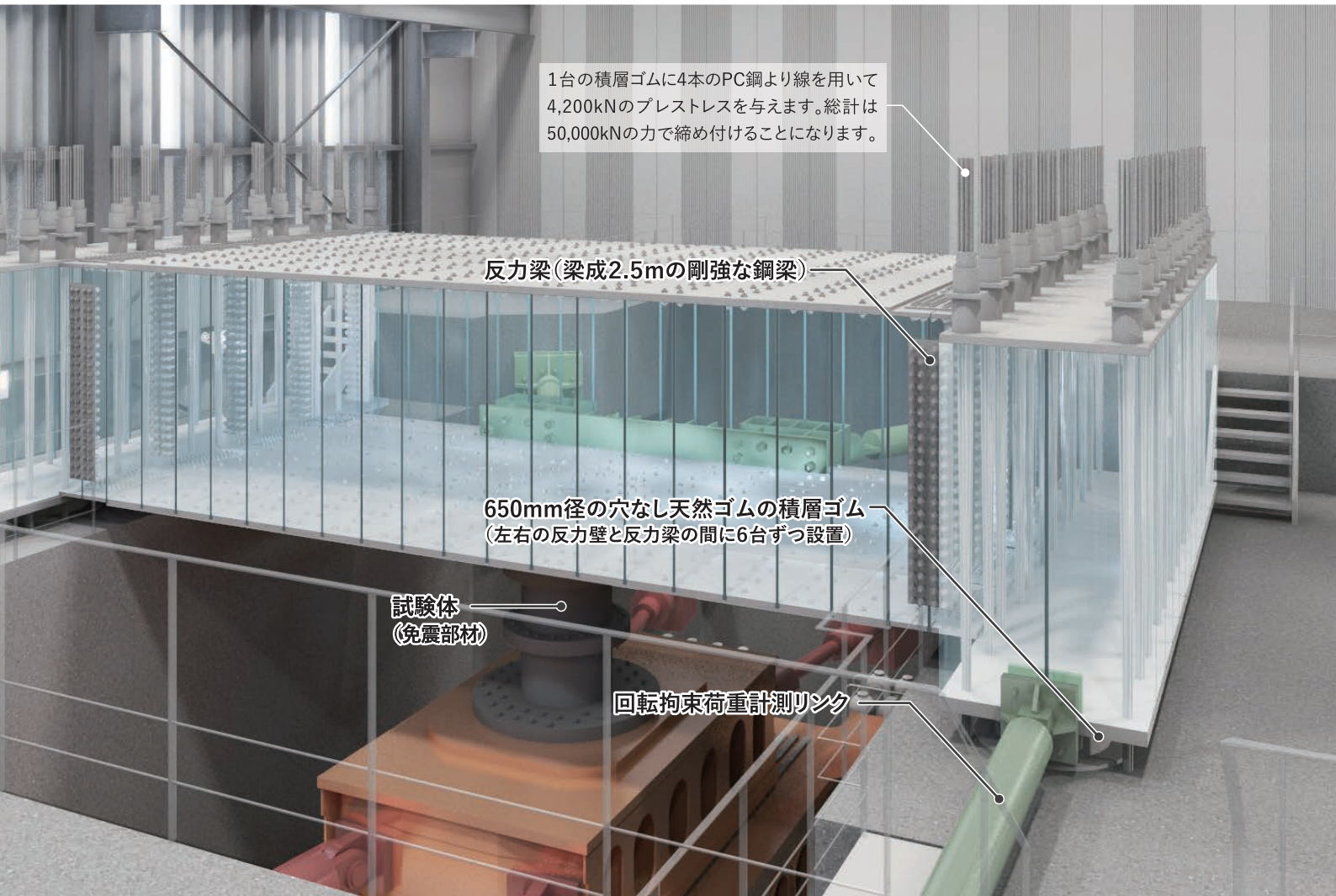
従来の試験機コンセプト図 (変形を考慮した状態)

最新型

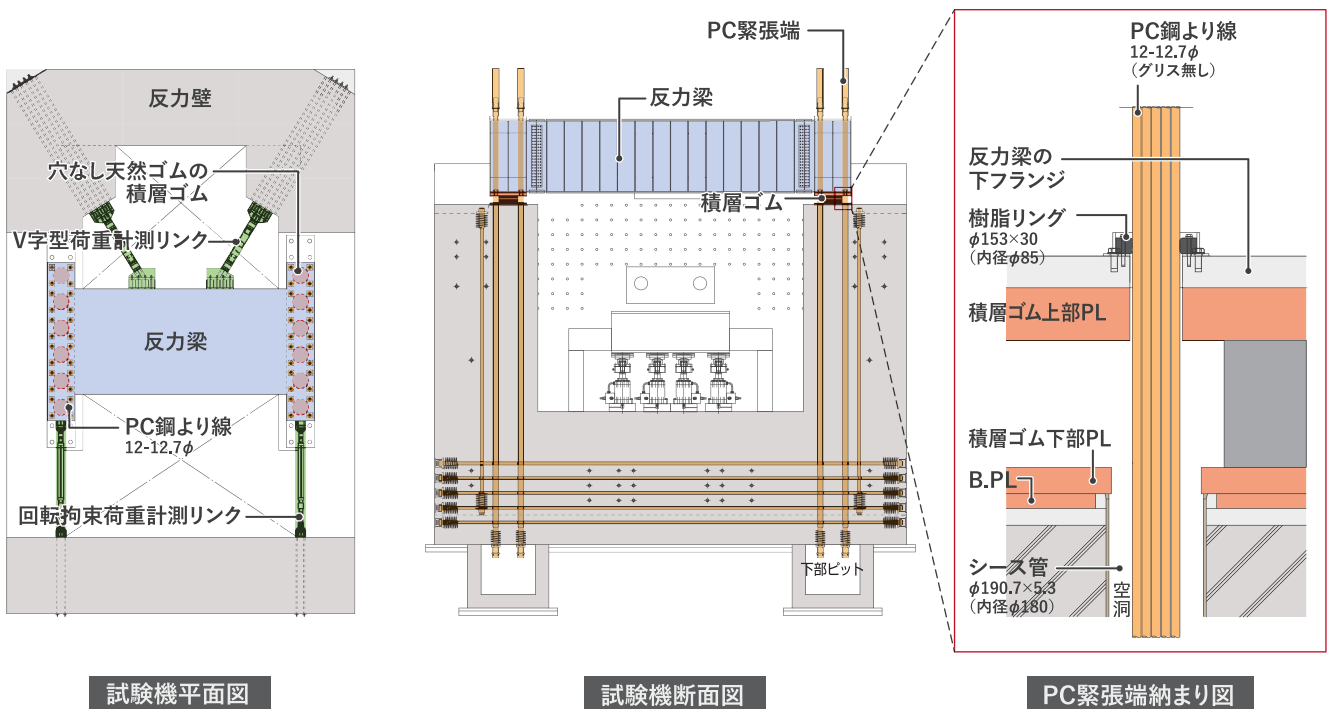


新しい試験機コンセプト図 (変形を考慮した状態)

世界初の反力計測システムによる実大免震試験機を実装します



実大免震試験機



実大免震試験機を活用した第三者試験による動的性能認証制度が 免震部材・制振部材の信頼性をより高めます

免震部材・制振部材(免震材料・制振材料、免震装置・制振装置とも言われています)は建物に組み込まれ大地震が起こる瞬間まで、静かにスタンバイしています。これらは大地震の時にその性能を意図通りに発揮しなければなりません。大地震が起こる前に、実大の部材について実荷重、実変位、実速度を与えて試験をすることは必須です。これまで国内にはなかった試験機ですので、次のように各種の利用法が考えられます。

- 免震部材・制振部材の動的性能認証
- 免震構造・制振構造の研究開発
- 海外からの研究開発

2024年7月1日より免震装置及び制振装置を対象とした「動的性能認証制度」を開始致しました。

第三者機関として免震装置・制振装置の実大・実荷重・実変位、実速度の動的試験を行い、これらの動的性能を動的性能認証委員会によって把握・検討し、「動的性能認証書」および「試験報告書」を提出します。これによって、免震装置・制振装置、さらに免震構造・制振構造の信頼性を向上し、これらの構造を国内外に普及することを目的としています。詳細なご説明はHP (<https://jsil.or.jp/dynamictest.html>)に掲載しています。

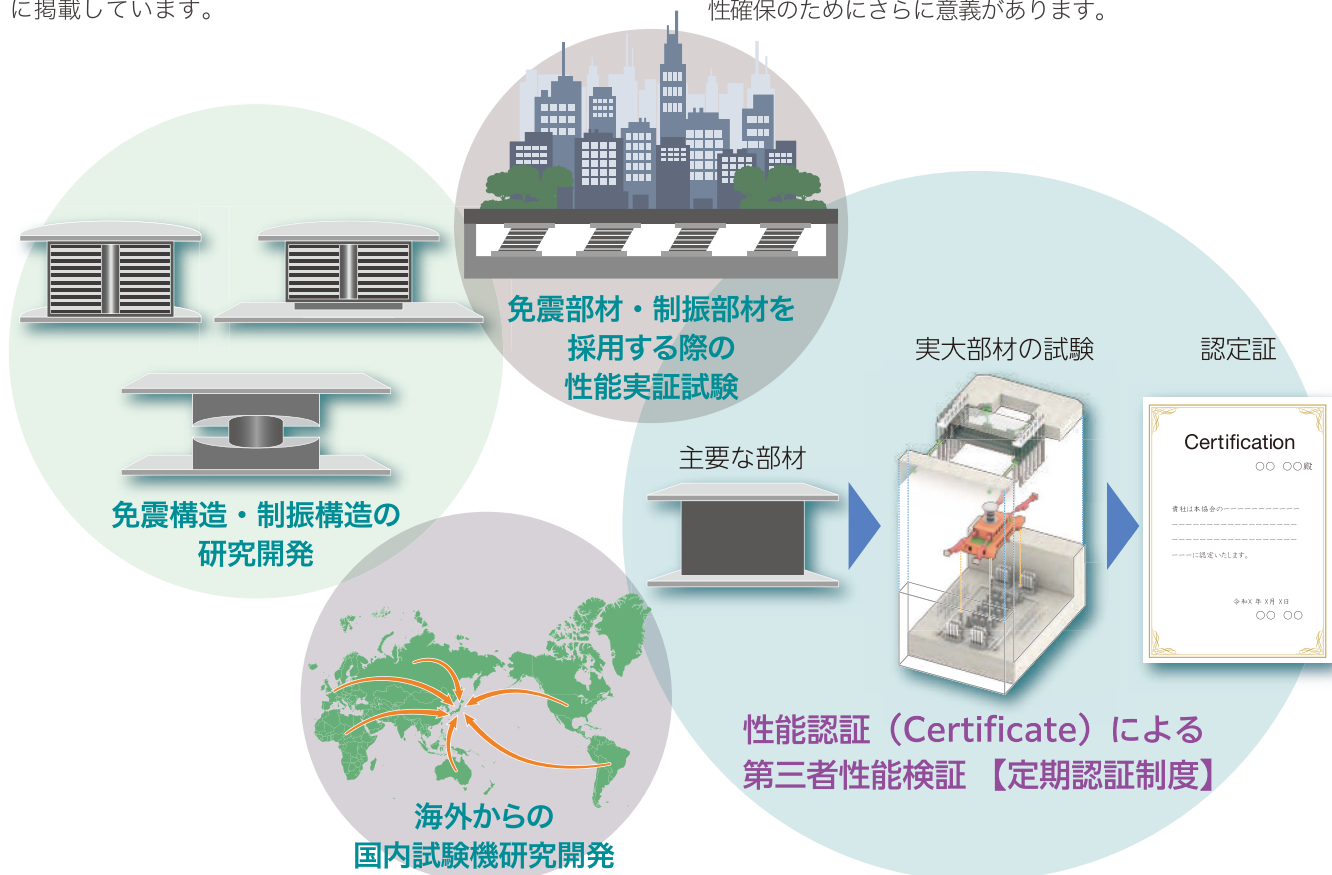
「動的性能認証制度」には、**動的性能認証**と**個別動的性能認証**の2種類を設けています。年月の経過により両者の試験実績が蓄積され、免震装置・制振装置への信頼と理解が深まることを期待します。

動的性能認証

メーカーの依頼により、免震装置・制振装置の動的性能を認証します。同じ型番の3体の製品について、実大免震試験機を用いて各種の静的・動的試験を行い、これらの試験結果からこの製品の動的性能を認証します。認証は3年間有効とし、定期的に動的性能認証を行うことによって、この免震装置・制振装置の長期に亘る信頼性を確保することができます。製品のシリーズの中には大きさなどが異なるいくつかの型番があり、同じシリーズに属する各々のサイズの製品群の動的性能は、認証試験を行ったサイズの製品の動的性能から推定できると考えます。

個別動的性能認証

個別の建築プロジェクトに設置される免震装置・制振装置の動的性能の認証です。実際の建築物に組み込まれる製品の一部を選び、実大免震試験機を用いて動的性能を把握し認証します。これにより、この免震構造・制振構造の信頼性をより高めることができます。大きな建築プロジェクトの場合、設置する製品と同じ製品を2体ほど多く製作し、動的性能認証と同じように多様な限界試験を行うことは、この免震構造・制振構造の信頼性確保のためにさらに意義があります。



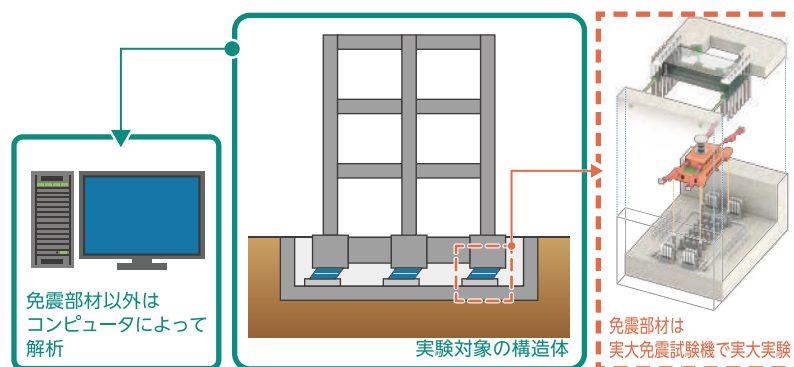
将来を担う若い研究者、設計者の研究、教育をサポートします

実大免震試験機の設置によって、これまで日本国内では実施することができなかった免震技術・制振技術に関する様々な研究を行うことが可能となります。現状の試験環境では解決できない上下動を吸収する支承など、これからの研究者・構造設計者が求める研究開発、夢のある構造計画への挑戦を支援していきます。

これまで国内でできなかった様々な実験研究が可能になります

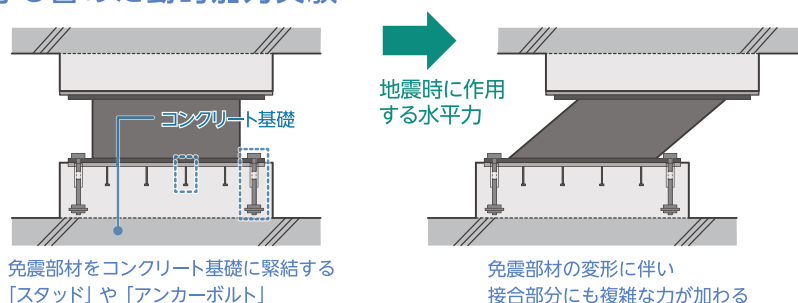
Ex.1 免震部材を用いたハイブリッドシミュレーション

ハイブリッドシミュレーションは物理的な試験とコンピュータによるモデリングを組み合わせた構造実験手法です。本試験機の設置により「実大免震試験機による免震部材の構造実験」と「コンピュータによってモデル化した建物の構造解析」を組み合わせた実験が可能になります。将来的には、本施設での実大免震試験とE-Defense（イーディフェンス）での実験をハイブリッドに組み合わせた実験も目指します。



Ex.2 免震部材・制振部材の接合部分も含めた動的加力実験

反力梁と上加振台の間には2.1mのクリアランスを設けていることから、免震部材と併せて基礎躯体を含んだ一体の試験体を計画することが可能です。接合部分や基礎躯体を含めた一体の実大試験体に対して動的試験を実施すれば、より詳細な応力伝達経路などが明らかになります。



試験室に近接した制御・計測室から試験体の動的な挙動を目視できます

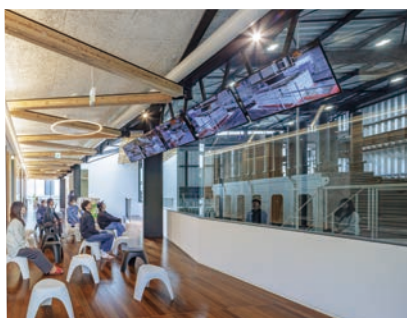
これまで実大の免震部材を動的に加力することのできる試験機が国内になかったため、若い技術者の多くは、実際の挙動を見たこともないまま研究や設計を行ってきました。実大免震

試験施設は、試験の様子を目視によって確認できるような空間設計となっており、試験に立ち会った技術者にとって身になる経験を積むことができます。



オープンスペース内観

利用者にやさしい試験施設として木材を取り入れ、居心地の良い空間を創出します。



オープンスペースから試験機を見る

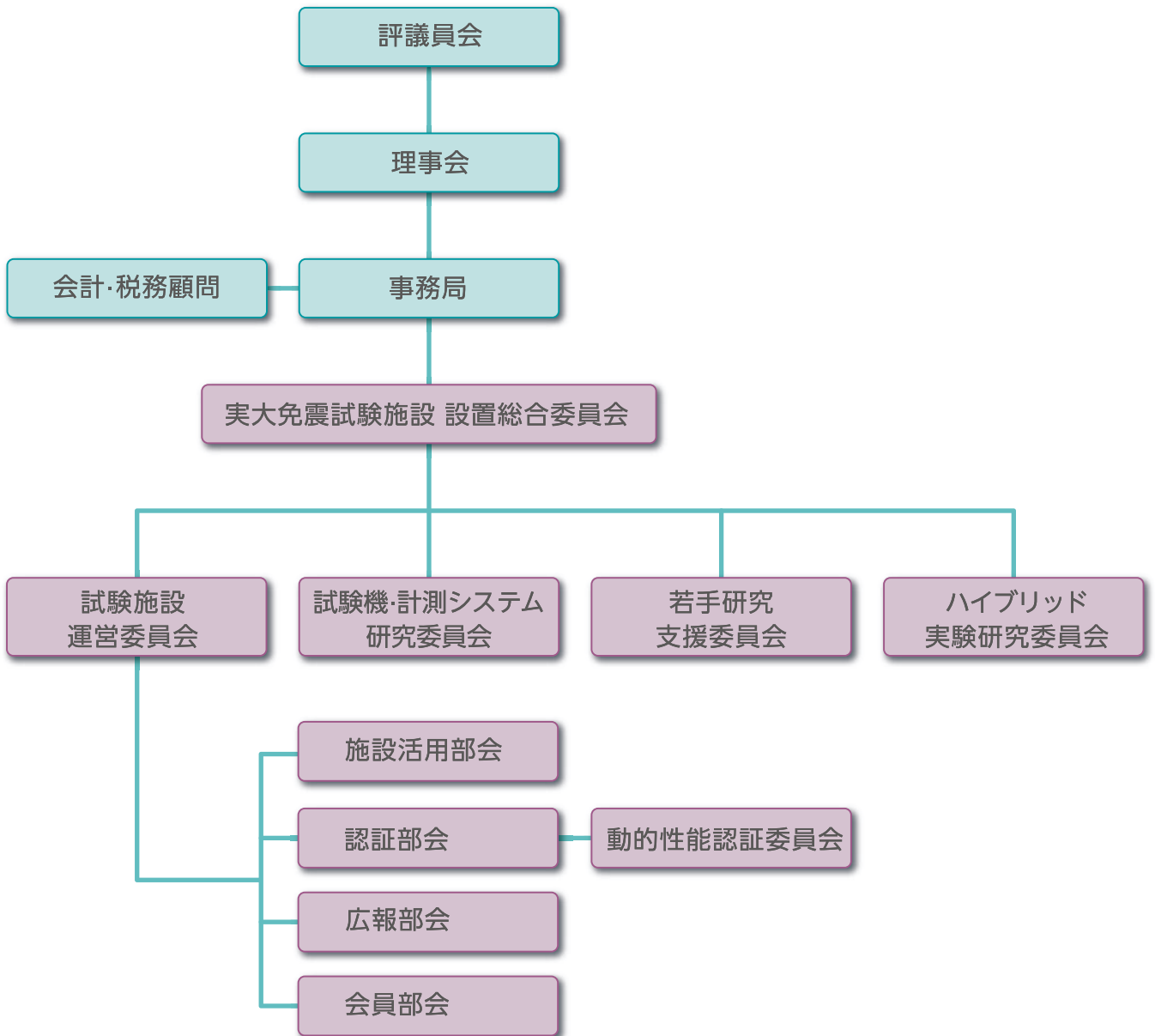
オープンスペースから、試験機の様子を確認することができます。



制御・計測室から試験機を見る

制御・計測室からは、窓越しに試験体の挙動を目視確認できます。

一般財団法人 免震研究推進機構



会員の皆様に様々な最新情報を提供します

免震・制振に関する最新情報をタイムリーに発信します

免震部材・制振部材の実大試験によって得られた新たな知見や、大地震によって得られた免震部材・制振部材の状況、国内外の研究事例などの最新情報を、機関紙やシンポジウムなどを通してタイムリーに発信します。

実大試験のリアルタイムムービーの配信を受けられます

実大免震試験機を用いて実施される構造実験のうち、公開が可能なものについては、会員に対して実験の様子をリアルタイム(もしくはオンデマンド)で公開します。

試験施設の見学会や説明会へ優先参加頂けます

国内で初となる実大免震試験機には、「これまでにない全く新しい荷重計測機構」「大鉛直荷重・高速度・大変形で試験体を加振させる加力技術」「高軸力下でもひび割れを生じさせない剛強なコンクリート躯体構築方法」「大軸力を支持する鋼製反力梁の設計」など、様々な研究要素・開発要素などの技術によって構成されています。これらの研究開発課題の詳細や説明会、見学会を開催する予定であり、会員の皆様には優先して参加頂けます。

免震部材・制振部材の経年変化データを蓄積していきます

積層ゴムや免制振ダンパーは、高分子化合物を主体とした機械部品であり、経年変化により、どの程度性能が変化するかについては、まだ十分な知見はありません。免震研究推進機構では、免震部材・制振部材の経年変化データを各種の実験データから蓄積していきます。

免震部材・制振部材の動的性状の定式化を支援します

本施設の試験環境の整備によって、ハードニングなどを含めた実機ベースでの終局性状が徐々に明らかになることが期待されています。免震研究推進機構では、これらの性状の定式化を支援します。

学术界・産業界の研究者・設計者が結集して第三者機関を組織し、免震技術・制振技術の発展に貢献できます。

免震研究推進機構には、免震部材・制振部材の性能を直接調べる「第三者機関」という重要な位置づけがあります。学术界・産業界の研究者や設計者が一堂に会し、主体的に性能を試験し、最新の情報を随時共有することで、免震技術・制振技術の健全な発展に貢献することができます。

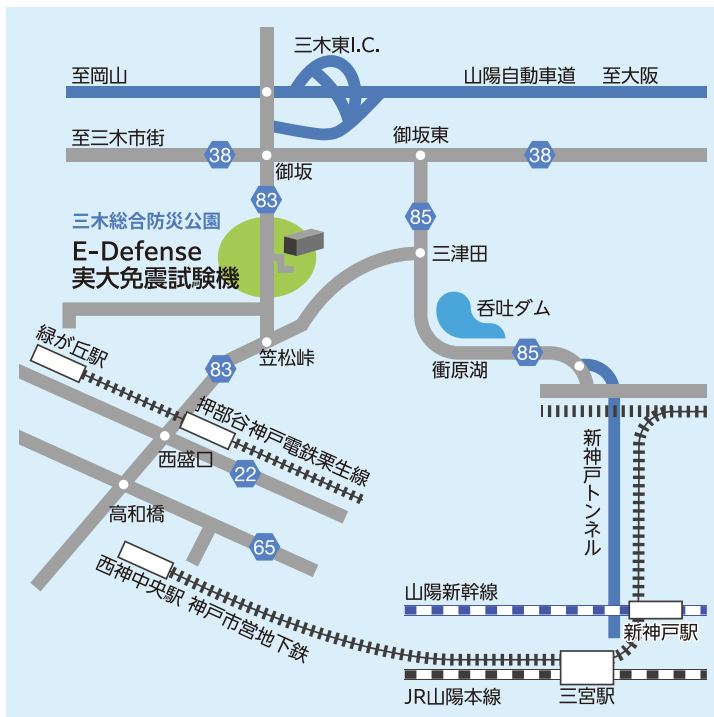
入会案内

ご入会を希望の方は、別紙(入会案内)より必要事項を明記の上、メールまたは郵送にてお申込みください。

E-mail jsil@jsil.or.jp

〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀屋1503-13 一般財団法人 免震研究推進機構
TEL. 0794-70-8440

 一般財団法人 免震研究推進機構



| アクセス | | タクシー | 約 | 分 |
|-----------------|--|------|---|-----|
| JR 新神戸駅より | | タクシー | 約 | 40分 |
| 神戸市営地下鉄 西神中央駅より | | タクシー | 約 | 25分 |
| 神戸電鉄栗生線 押部谷駅より | | タクシー | 約 | 10分 |
| 神戸電鉄栗生線 緑ヶ丘駅より | | タクシー | 約 | 10分 |
| 神戸電鉄栗生線 緑ヶ丘駅から | | 路線バス | 約 | 20分 |