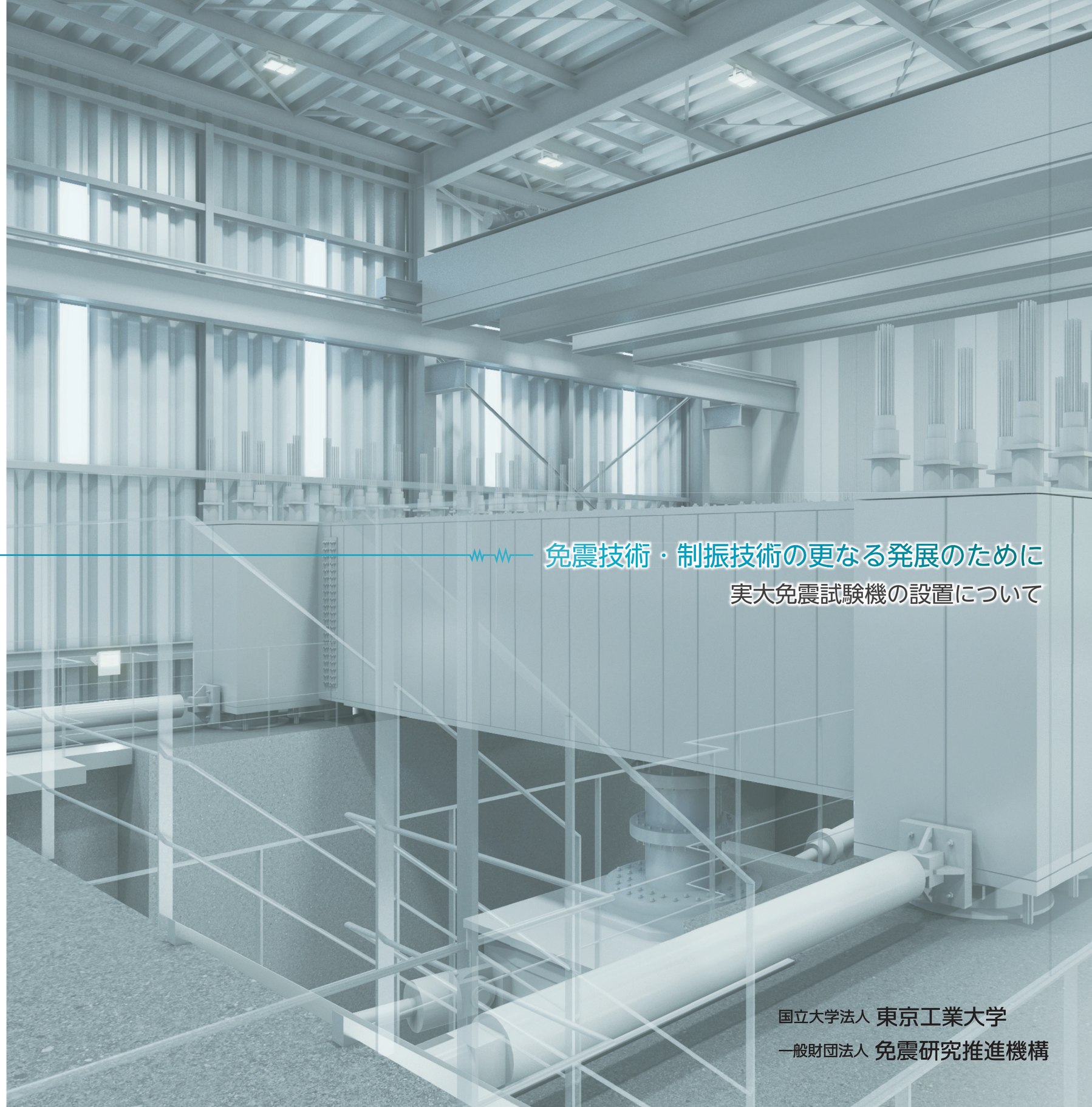
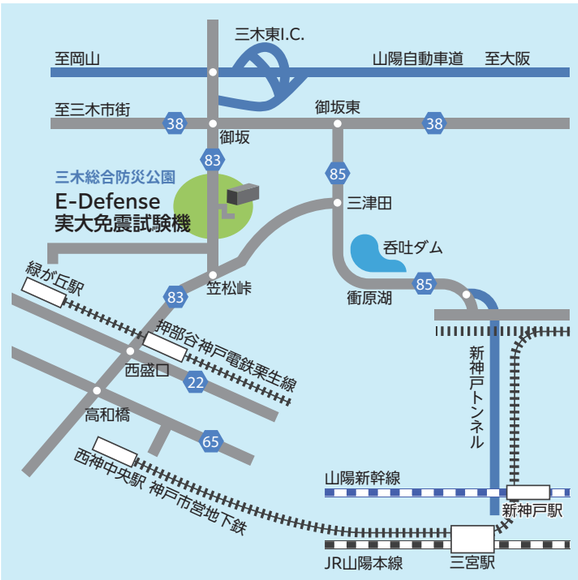


免震技術・制振技術の更なる発展のために

実大免震試験機の設置について



アクセス			
	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

2024/06/Ver4.0

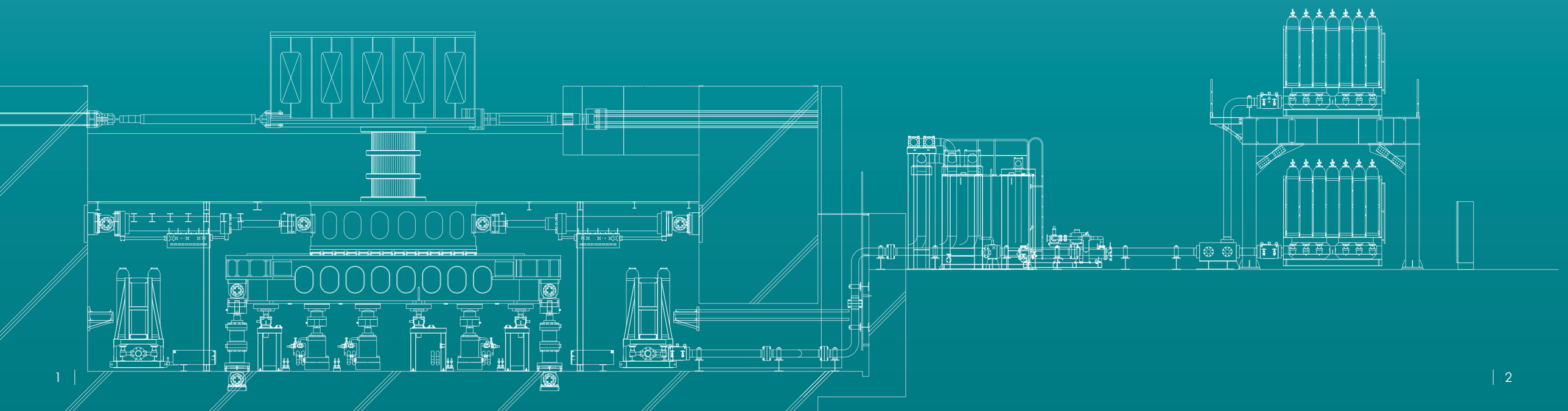
国立大学法人 東京工業大学
一般財団法人 免震研究推進機構

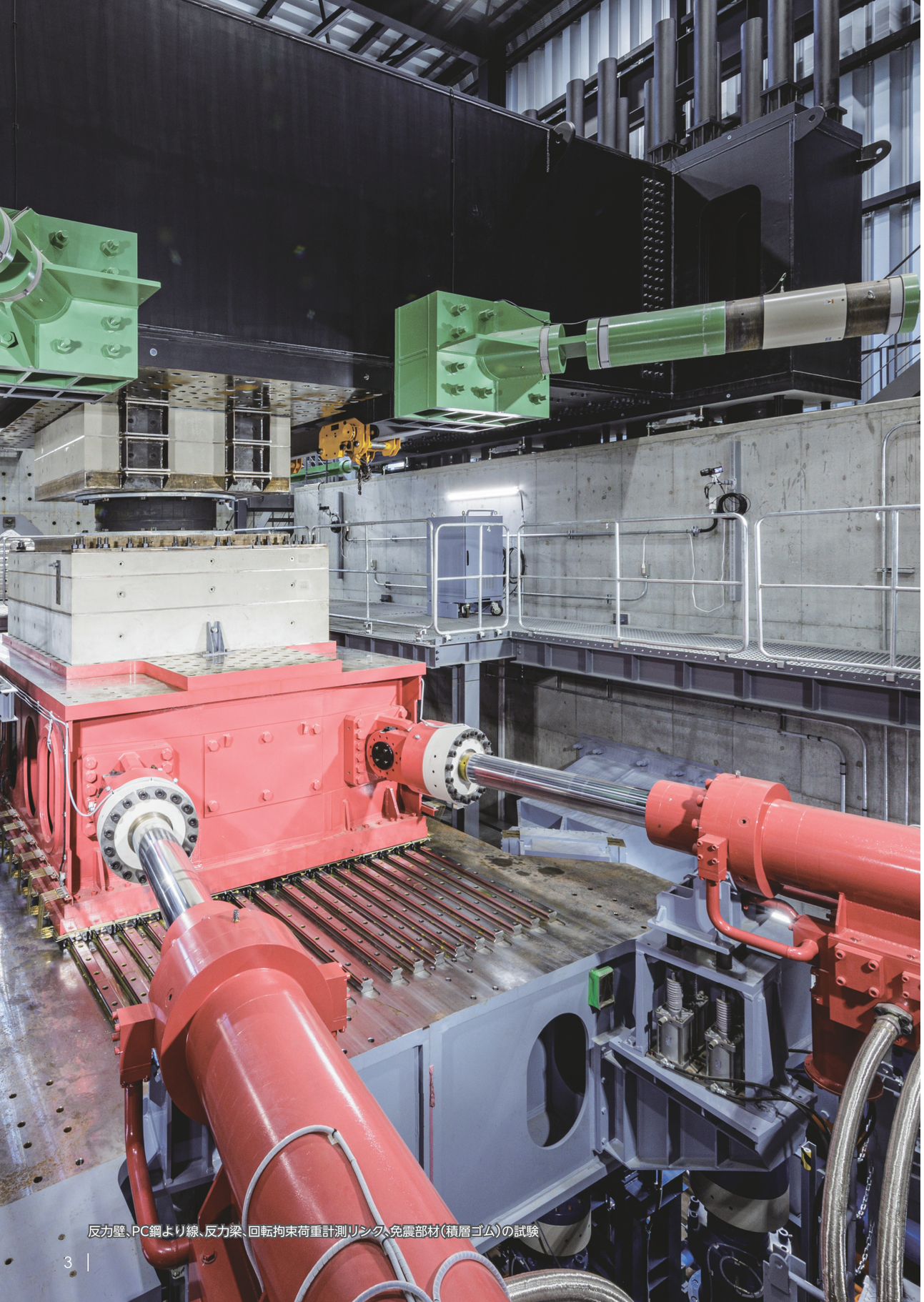
内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP-2)

京都大学、東京工業大学、(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。

jsil 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。

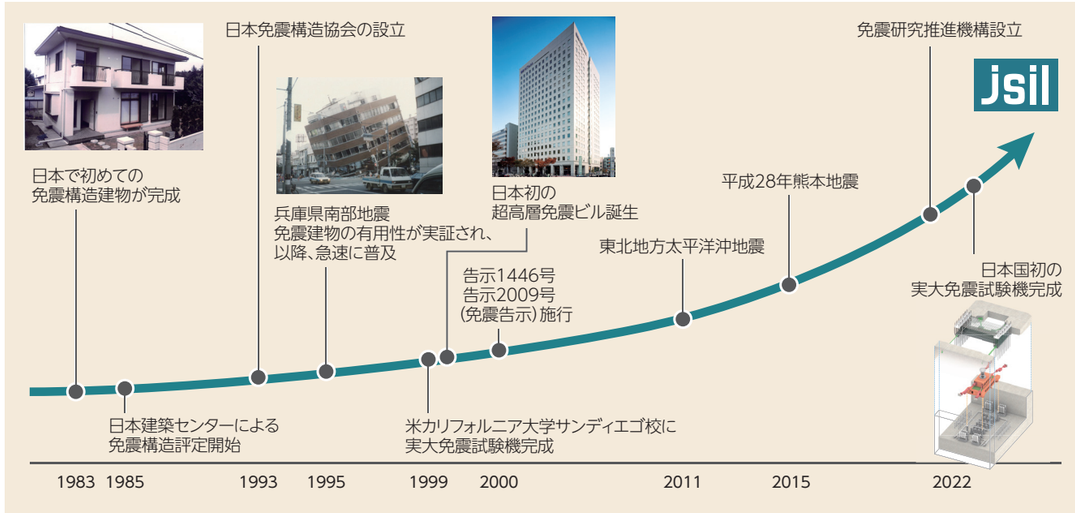
日本の免震構造は約40年、1995年前後から増えてきた制振構造は30年、両者とも長い歴史ではありませんが、近年の大きな地震を受けて、これらの性能が発揮されています。免震構造・制振構造の優位性が社会に認識され、普及が進むと同時に、多くの技術開発が推進されています。

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にも継続できますが、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、皆様とご一緒に造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解析法の開発

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。

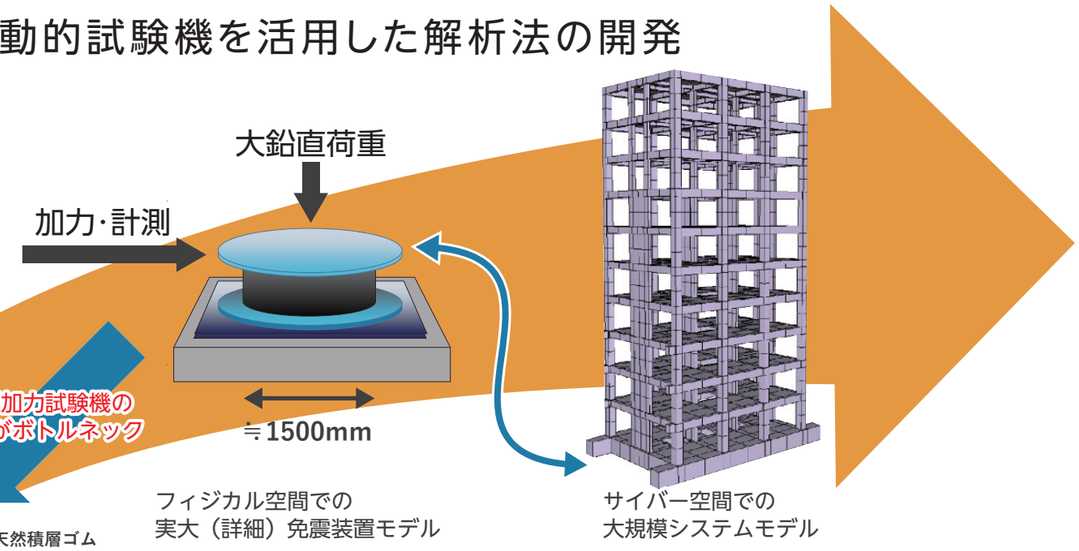
SIP 国家レジリエンス(防災・減災)の強化 IX. 実大部材地震挙 動解析システム開発

本研究開発の範囲

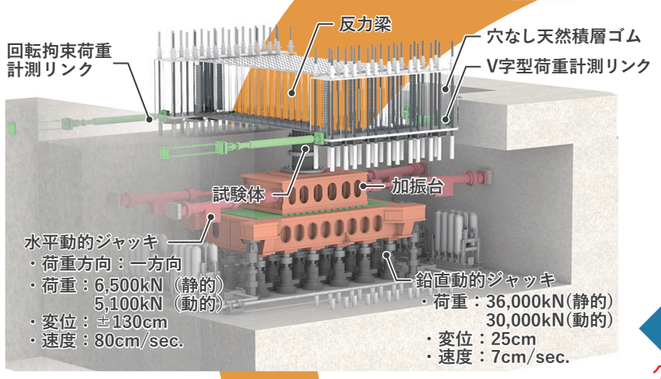
高精度荷重計測機構を有する動的試験機を活用した解析法の開発

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

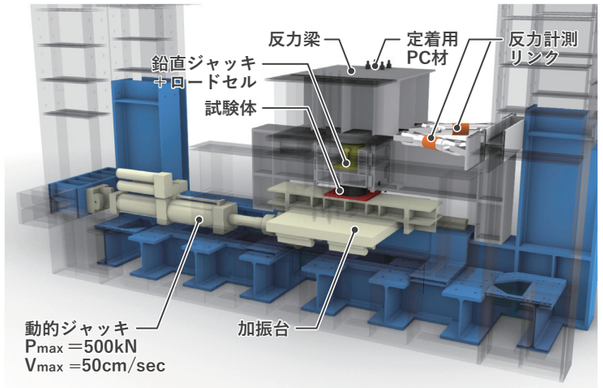


リアルタイムハイブリッドシミュレーション技術の高度化と大型構造物の動的性能評価法 の開発 研究開発責任者：高橋良和[京都大学]



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]

クリティカル技術
の開発



高鉛直荷重を支持する免震部材の三方向動的加力試験 機計測値における摩擦力・慣性力除去 技術の開発 主担当：竹内徹[東京工業大学]

- 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

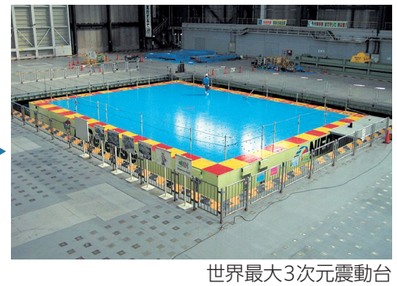
国家レジリエンスの未来

学術界
- 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

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

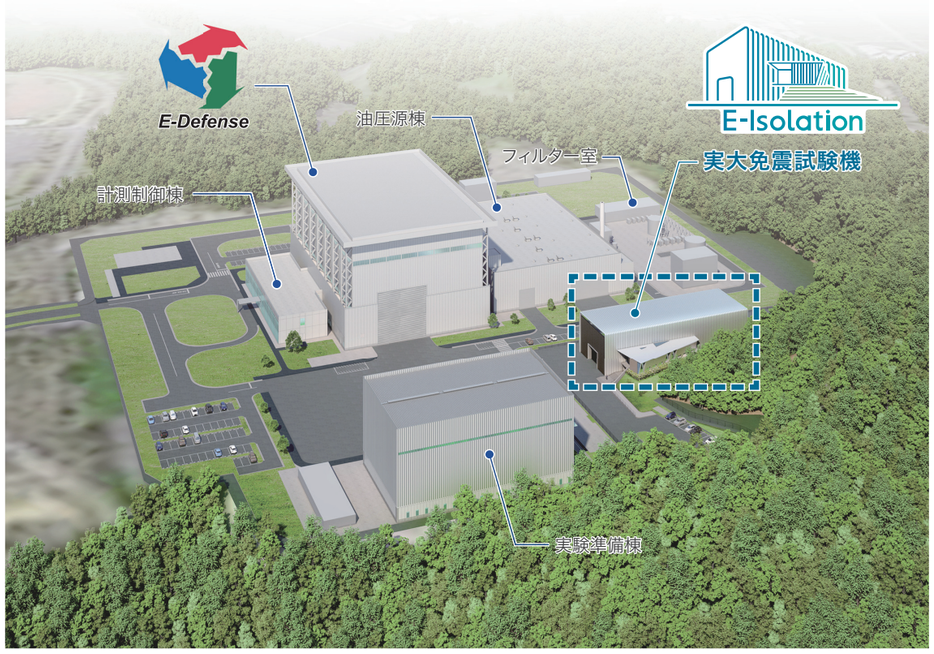
2005年に建設された**E-Defense（イーディフェンス）**の隣接敷地に、免震部材・制振部材の実大動的試験を行う国内初の試験機が誕生しました。

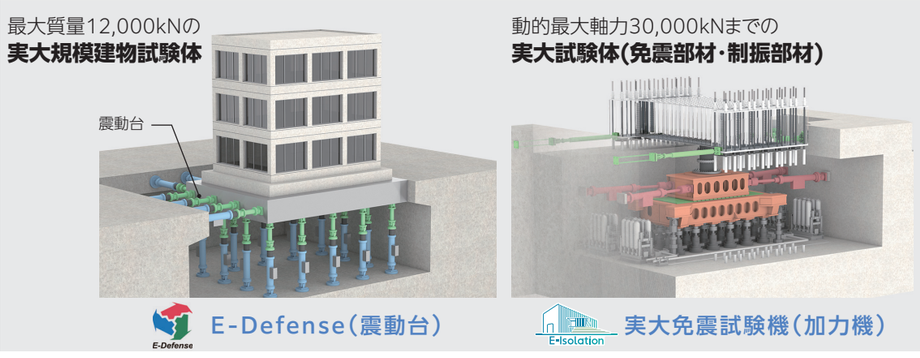
E-Defenseと実大免震試験機により、世界の耐震研究の拠点に

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載荷試験機であり、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、大変位の加振を可能としています。

日本には世界の地震の10%が起きていると言われています。兵庫県三木市に大型震動台と実大免震試験機（大型動的載荷試験機）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。





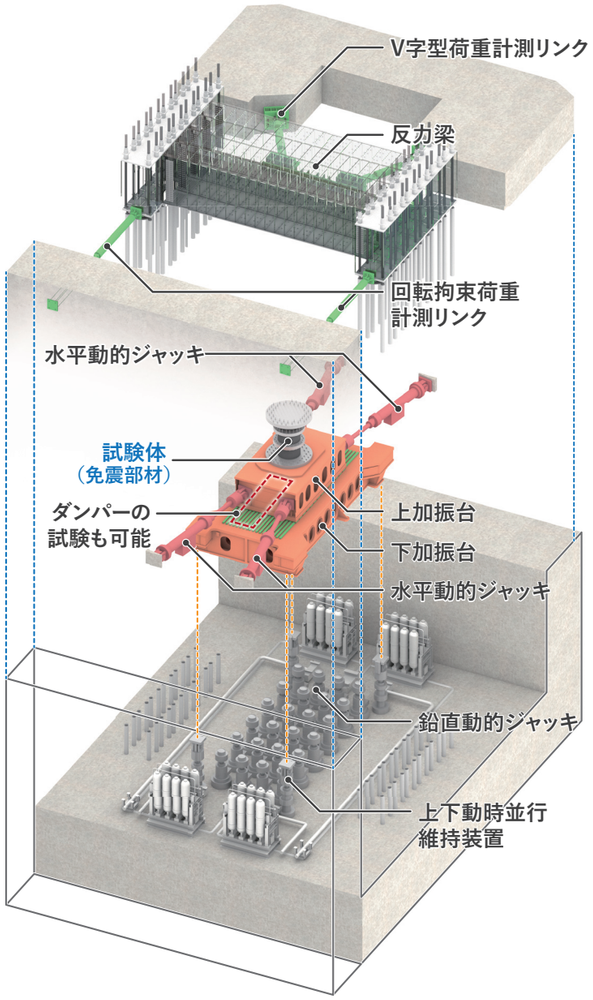
手前の反力壁と上加振台の間に設置したオイルダンパーの試験中の様子
反力壁、反力梁、鉛直動的ジャッキ、水平動的ジャッキ、回転拘束反力計測リンク、反力梁の向こうにV字型反力計測リンク（緑色）

実大免震試験機に面し、近接した位置に試験機の制御・計測室を計画。動的載荷を受ける試験体を直接観察することができます。

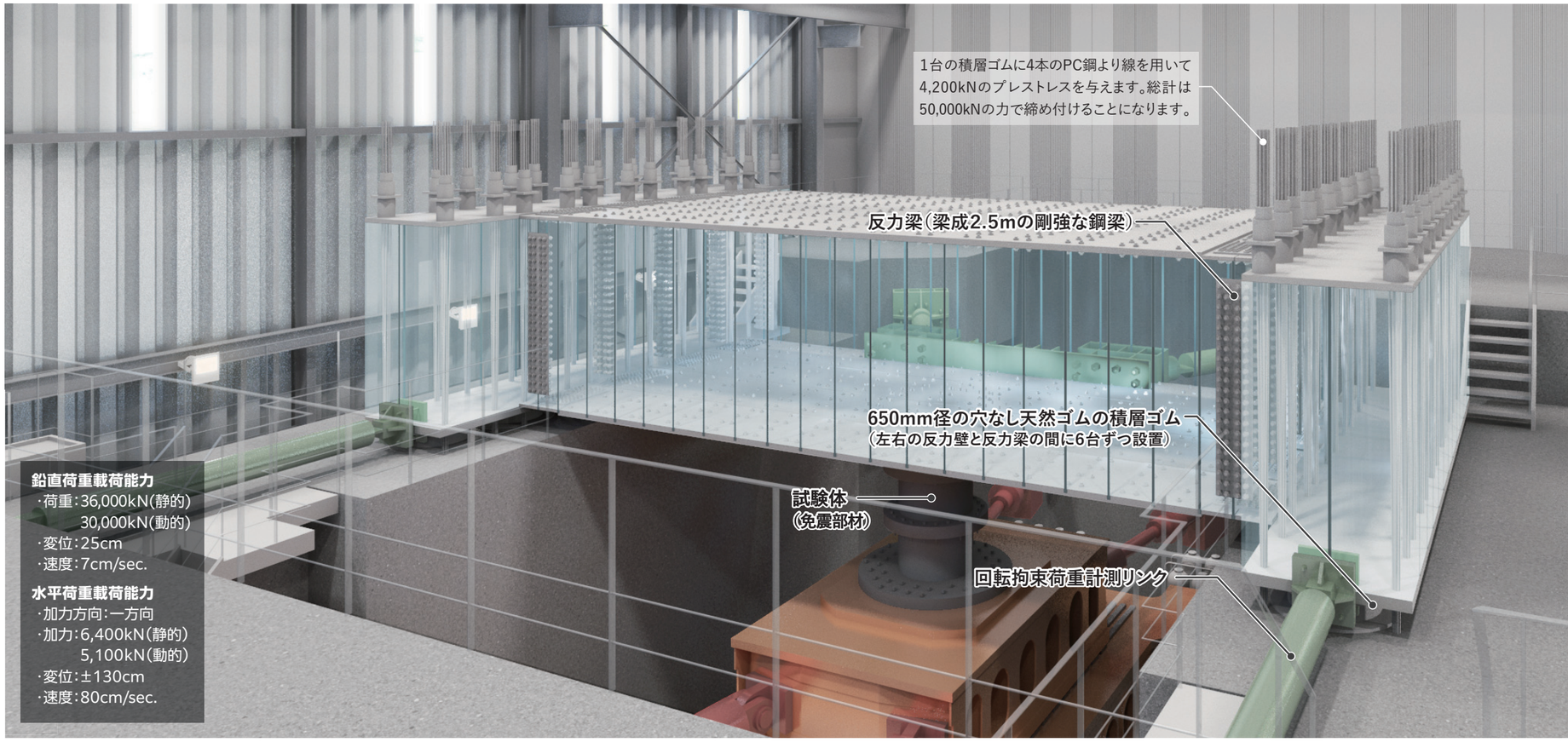
三木防災公園の自然 に調和し、自然環境を生かした施設です。

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。

制御画面を確認しながら、実際の試験の載荷状況を観察することができます。



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



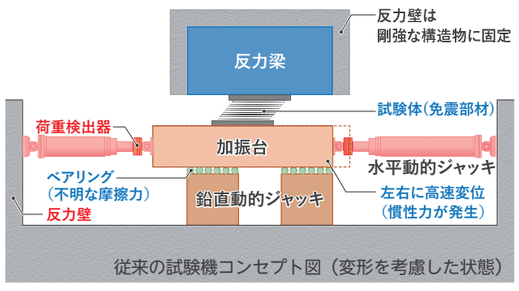
実大免震試験機

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が、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。

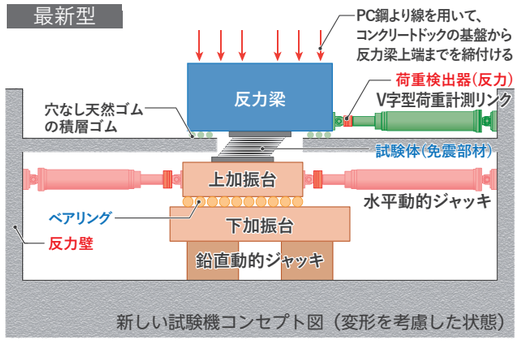
これに対し、本施設で新たに設置する試験機は、試験体上部の反力梁側に水平方向に剛強な鋼管を設置し、この鋼管に生じる力を測定することによって、摩擦力と慣性力を含まずに試験体に作用する荷重を直接的に測定します。これによって、試験体に作用する力を、瞬時に精度よく測定することが可能になります。

従来型

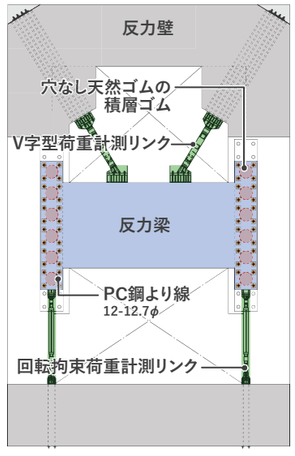


従来の試験機コンセプト図（変形を考慮した状態）

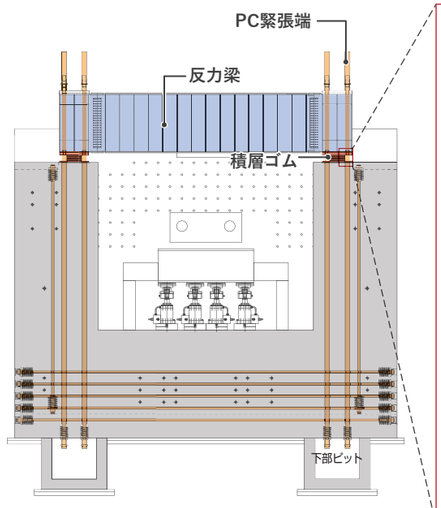
最新型



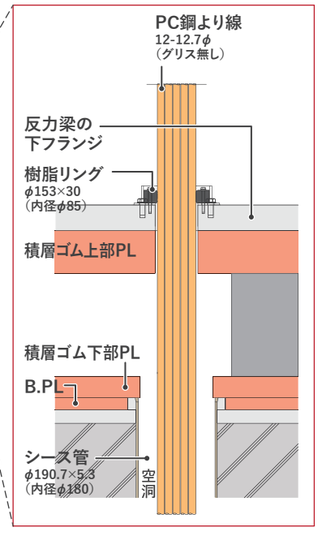
新しい試験機コンセプト図（変形を考慮した状態）



試験機平面図



試験機断面図



PC緊張端納まり図

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

今や社会はインターネットにより高度IT化し、BCPの観点では地震時の非構造部材の損傷による事業への影響が大きくなっています。免震構造の歴史はまだまだ浅く、免震構造の本格的な利用はこれからです。安心できるBCP対策としてもっと確かな性能を確保することが求められています。世界有数の地震国で、いかなる時も経済活動を持続するために、皆さんが自由にこの施設を利用できるように、様々な活用スタイルを準備しています。

- **免震構造・制振構造の研究開発利用**
- **免震部材・制振部材の動的性能認証制度**
- **個別プロジェクトでの免震部材・制振部材の個別動的性能認証制度**
- **海外からの研究開発利用**

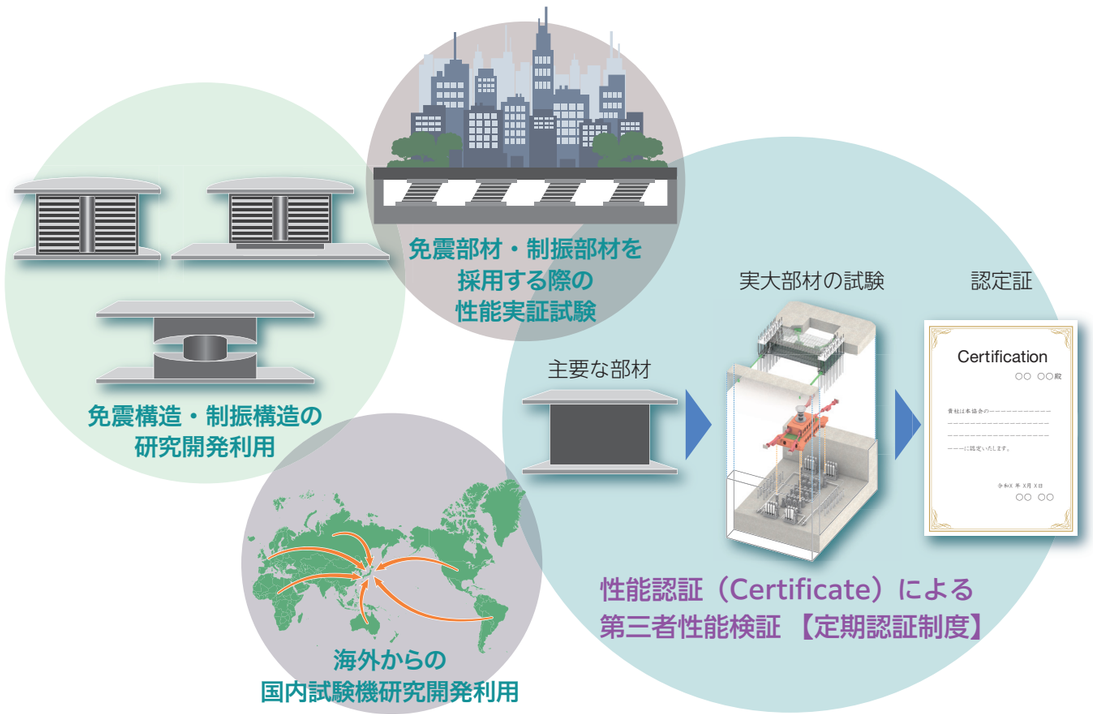
動的性能認証制度は、免震研究推進機構が実施する免震部材·制振部材の動的試験とその性能認証制度です。

従来の静的大型試験機の場合、大きな鉛直荷重を載荷できますが、水平方向には低速度（約2cm/sec.）での試験に限定されていました。また、小型の試験機の場合は高速度で水平載荷することができますが、作用できる鉛直軸力が小さいので動的な性能確認は縮小試験体にしか対応していませんでした。そのため、「実大の免震部材の静的な性能」と「縮小試験体の動的な性能」を基に、技術者の高度な判断により、実大の免震部材の動的な性能を予測する、ということが長く行われてきました。

免震研究推進機構では、実大免震試験機を用いて各メーカーの主な免震部材・制振部材の型番について、定期的に実大動的試験を行い、所定の性能が確認された型番の部材に対して動的性能認証証書「Certification」を発行します。これによって、多くの免震部材・制振部材について地震時の性能を直接調べることが可能になり、免震構造・制振構造の信頼性がさらに高まります。

現状では、免震構造・制振構造が採用されている建築物は大都市が中心ですが、最終的には中小都市を含めた様々な構造物に採用されることで、地震によって人々の安全・安心が損なわれたり、社会活動が継続できなくなったりすることのない社会づくりに貢献したいと考えています。

本施設は国からの支援によって建設されますが、施設の運営は多くの皆様の活発な利用によって成り立ちます。免震研究推進機構では、安定した施設運営の方策として上記の施設運営の趣旨に賛同いただける会員を募り、本施設が国家レジリエンス（防災・減災）に末永く貢献できるように図っています。



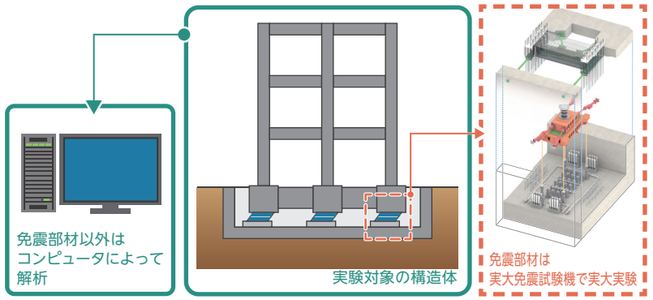
将来を担う若い研究者、設計者の研究、教育をサポートします

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

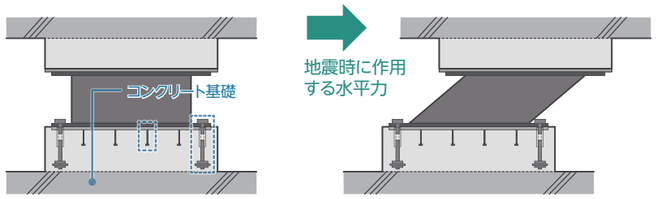
Ex.1 免震部材を用いたハイブリッドシミュレーション

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

反力梁と上加振台との間には21m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。



免震部材をコンクリート基礎に緊結する「スタッド」や「アンカーボルト」

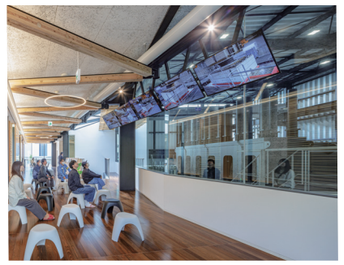
免震部材の変形に伴い接合部分にも複雑な力が加わる

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

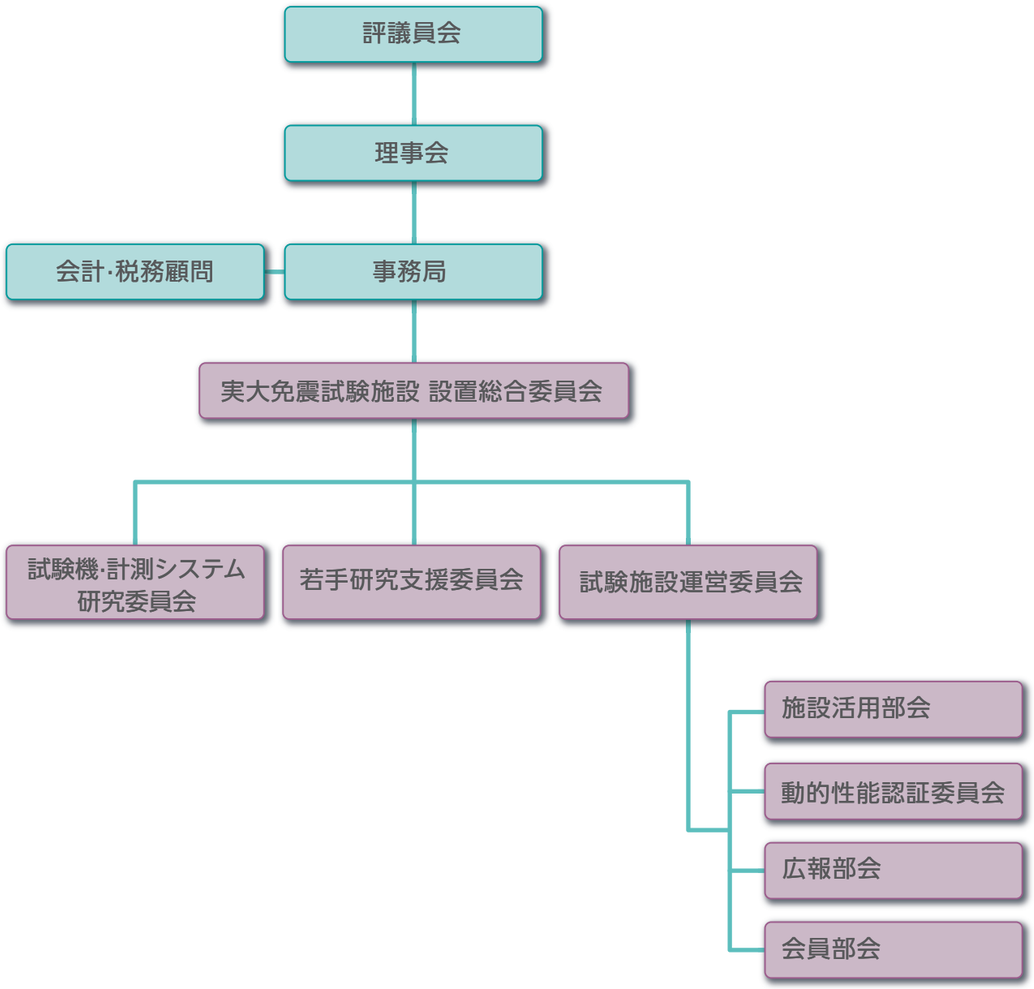
オープンスペースから、試験機の様子を確認することができます。

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

〈2024年度組織構成〉



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。

初年度は建設中の試験施設の建設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。2022年度は、これらの研究開発課題の詳細や建設状況の説明会、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続々と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。

学術界・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。学術界・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

jsil 一般財団法人 免震研究推進機構