

まもるためにこわす



E-Defense



実大三次元震動破壊実験施設

Three-Dimensional Full-Scale Earthquake Testing Facility



耐震性向上や安全性確認のための研究・ Verification of Actual Performance of Technologies Developed for Enha

大地震による構造物被害軽減への貢献を目指して

1995年の兵庫県南部地震でビル、木造家屋、橋、道路、港湾など、多くの構造物が大きな被害を受けたことを契機に、耐震性の評価法等を見直す必要が指摘されました。そのために構造物の破壊過程を調べることの重要性が認識され、関連するデータを取得するうえで、既存の施設にはない十分な性能を持つ新しい施設が必要になりました。それが、実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)です。

E-ディフェンスは、実物大の一戸建て住宅2棟分や中層建物などに、兵庫県南部地震クラスの地震の揺れを前後・左右・上下の三次元に直接与えることで、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。実物大の構造物が壊れる過程を調べる方法は、E-ディフェンスでの実験以外にはなく、E-ディフェンスは構造物の耐震性向上に関わる研究開発と実践を促進する「究極の検証」手段といえます。

E-ディフェンスの稼働開始から、木造や鉄骨、鉄筋コンクリート造の住宅や校舎など比較的身近な建物から地盤、橋梁、高層建物まで、さまざまな構造物に対して実験を行い、安全性の確認や耐震性向上のための重要なデータを蓄積してきました。また、すべての実験を成功裏に終えたことは、世界に例がない規模と能力を備えたE-ディフェンスによる超大型実験が可能であることを実証することとなり、この点においても大きな成果といえます。

すべての人々の安心と安全の確保のために、私たちは、「大地震から構造物被害軽減にいかに関与するか」を目指し、日々、研究に取り組んでいます。

Aiming to contribute to mitigation of damage to structures during a major earthquake

The 1995 Hyogoken-Nanbu (Kobe) Earthquake caused devastating damage to buildings, bridges, roads, harbors and many other structures. This unprecedented disaster made it imperative to revise the evaluation methods concerning seismic capacities, for which research on the failure/collapse process of structures was essential. In order to obtain sufficient relevant data regarding such process, a new institution with functions that no other existing facilities have become necessary. This is how the Hyogo Earthquake Engineering Research Center (E-Defense) was founded.

E-Defense is able to accommodate the testing of two full-scale houses or medium-rise buildings, and allows detailed studies regarding the process of their first response, subsequent damage and collapse, by directly applying to the buildings, three-dimensional forces equivalent to the level of the Hyogoken-Nanbu Earthquake. Being the only facility capable of providing a system to test such process on full-scale buildings, E-Defense represents the optimum means of verification for the enhancement of research, development and implementation regarding the improvement of seismic performance of structures.

Following the commencement of its operation, E-Defense has conducted tests on various structures ranging from houses and schools constructed of wood, steel or reinforced concrete, to ground, bridges and high-rise buildings, thereby accumulating significantly important data for the reassurance of safety and improvement of seismic performance. The fact that all these tests have

been successfully completed demonstrates that such super-large-scale experiments are feasible with E-Defense, whose scale and capability are unequaled anywhere in the world. In this regard also, its achievement is significant.

Through our research, we strive constantly to find the most effective contribution possible for the alleviation of seismic damage to structures, in order to ensure the safety and peace of mind of all people.

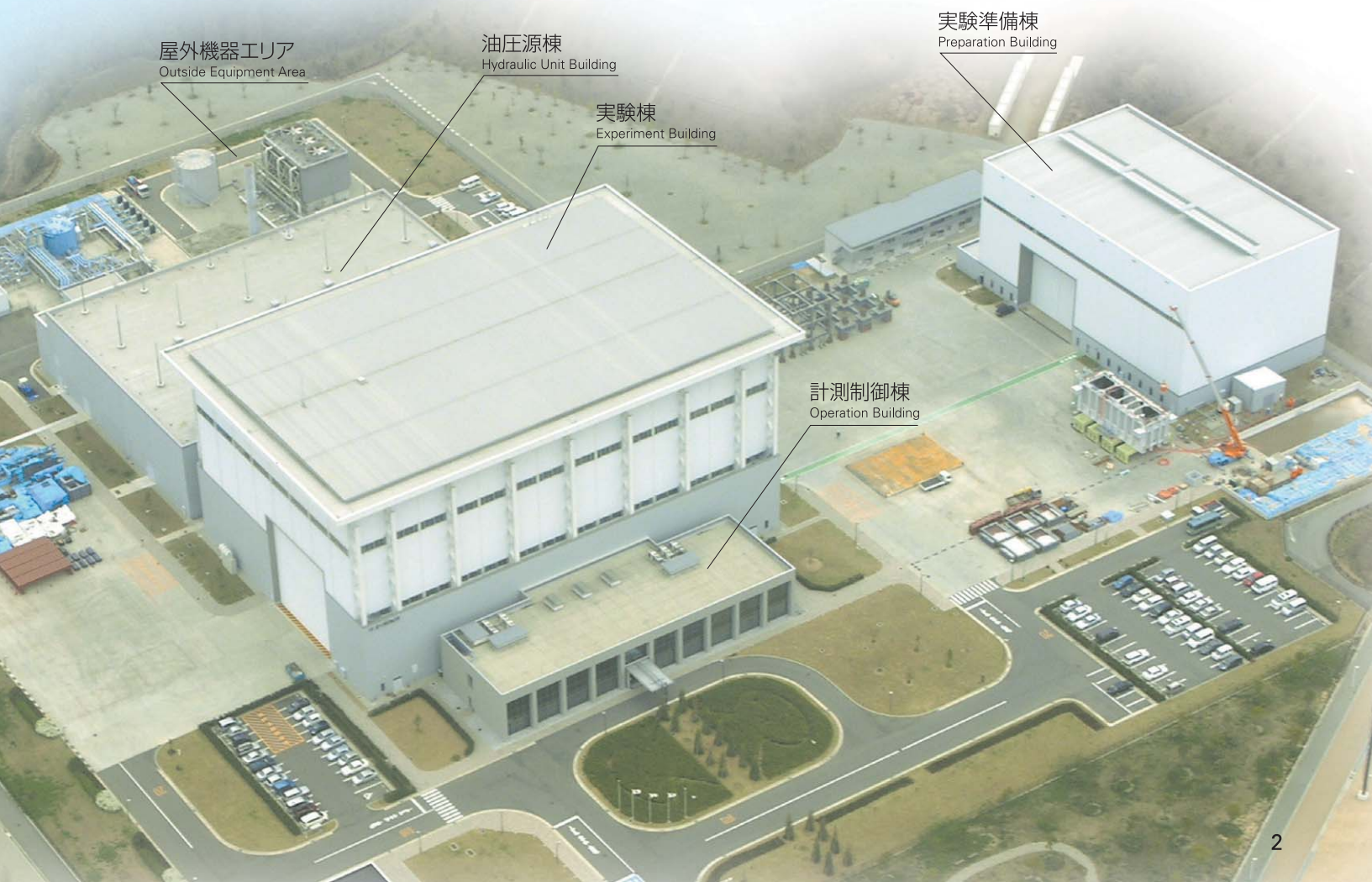
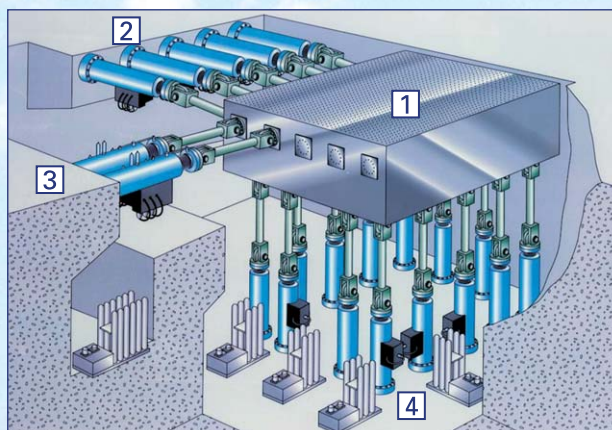
開発に究極の検証手段を提供 Advanced Seismic Capacity



震動台および加振機

Shaking Table and Actuators

- ① 震動台 15m×20m Shaking Table 15m x 20m
- ② 水平加振機(X方向:5本) Horizontal Actuators (X-direction: 5 units)
- ③ 水平加振機(Y方向:5台) Horizontal Actuators (Y-direction: 5 units)
- ④ 垂直加振機(Z方向:14台) Vertical Actuators (Z-direction: 14 units)



破壊現象解明のための高性能な機能を Most Sophisticated Capabilities to Shed Light on the Collapse P

施設概要

Outline of Facility

実験棟

実験棟は、三次元震動台がある、実大三次元震動破壊実験施設の主要部分で、実規模試験体等を組立て・解体するための400t高性能クレーンが2台設置されています。建物の面積は約5,200m²、高さは約43mです。

Experiment Building

With its three-dimensional shaking table, this building represents the core function of E-Defense, and is equipped with two 400-ton overhead cranes for the assembling and disassembling of full-scale specimens.
Area: 5,200m² Height: 43m



実験棟
Experiment Building

計測制御棟

計測制御棟は、三次元震動台の制御システム装置、実験計測装置や映像記録装置が設置されています。

Operation Building

This building is equipped with control system equipment for the three-dimensional shaking table, as well as an experiment measuring system and video recording system.



計測制御棟
Operation Building

油圧源棟

油圧源棟は、三次元震動台の動力となる油圧ポンプ、アキュムレータやガスエンジンが設置されています。特にガスエンジンは対環境性と経済性に配慮しています。建物の面積は約4,700m²、高さは約21mです。

Hydraulic Unit Building

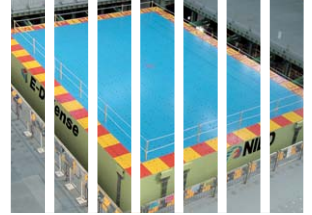
This building is equipped with hydraulic pumps, accumulator units and gas engines that provide the power for the three-dimensional shaking table. Particular consideration was given to the gas engines regarding their eco-friendliness and economical efficiency.
Area: 4,700m² Height: 21m



アキュムレータユニット
Accumulator units

有する震動実験施設

phenomenon



実験準備棟

実験準備棟は、実験のための試験体を製作するための施設です。

試験体を組み立てるための150tクレーンが設置されています。

建物の面積は約2,200m²、高さは29mです。

Preparation Building

This building is used for the preparation of specimens and is equipped with a 150-ton crane for their assembling.
Area: 2,200m² Height: 29m



実験準備棟外観
Preparation Building (exterior)

三次元震動台

3-D Shaking Table

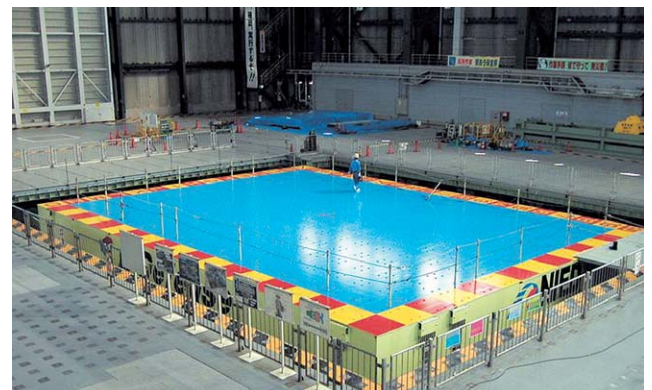
基本仕様

Basic Specifications

項目 Item	仕様 Specifications	
最大搭載質量 Loading Capacity	1,200 ton	
搭載面積 Table Size	20m×15m	
駆動方式 Driving Type	アキュムレータ蓄圧／電気油圧制御 Accumulator Charged / Electro-Hydraulic Servo Control	
加振方向 Shaking Direction	水平 Horizontal	垂直 Vertical
最大加速度（最大質量搭載時） Max. Acceleration (at Max. Loading)	900cm/s ² 以上 than 900cm/s ²	1500cm/s ² 以上 than 1500cm/s ²
最大速度 Max. Velocity	200 cm/s	70 cm/s
最大変位 Max. Displacement	±100 cm	±50 cm
許容モーメント Moment	水平軸周り Overturning	垂直軸周り Yawing
	150MN・m以上 (垂直軸980cm/s ² 加振時) 150MN・m or more (At Vertical 980cm/s ² Shaking)	40MN・m以上 (水平1軸最大加速度時) 40MN・m or more (At Max. horizontal acceleration)

特徴

- ①実規模構造物の耐震実験が可能な搭載能力
- ②大地震の変位、速度、加速度を実現できる加振能力
- ③破壊実験を効果的に実施できる加振制御手法
- ④構造物の動的挙動を解明する計測・解析能力



震動台
Shaking table

Features

- ①Loading capability of full-scale structures
- ②Actuator capability for simulating acceleration/velocity/displacement of major earthquakes
- ③Excitation control system for effective collapse tests
- ④Measuring and analyzing capability for evaluating the dynamic behavior of large structures

さまざまな構造物の破壊過程を解明します

Clarifying the Failure/Collapse Process of Various Structures

- 木造住宅の耐震性向上のための倒壊過程の解明と新しい耐震技術の開発
 - 実規模の鉄筋コンクリート建物や鉄骨建物の地震時損傷・破壊過程の解明
 - 特殊な箱の中（土槽）につくった地盤モデルを用いた地盤・基礎の崩壊過程の解明
 - 橋梁構造の地震時被害の再現による新しい補強技術の開発・検証
 - 都市重要施設や社会基盤施設の地震時挙動・機能維持に関わる検証
- Clarification of the collapse process and development of new technology, for improvement of the seismic performance of Wooden House
 - Clarification of the damage and collapse process of full-scale RC and steel-frame buildings
 - Clarification of the liquefaction/failure process of ground foundations using the model ground formed in a special solid soil container
 - Development and verification of new reinforcement technologies by simulating the damage to bridge structures
 - Verification of the seismic behavior and functional maintenance of major urban facilities and infrastructure

木造建物実験

地震被害を軽減するためには、耐震診断によって建物の現状を適切に把握すること、既存不適格な建物の耐震性能を向上させる事が重要です。そのため、都市部に多く残る木造建物を対象とした実大実験を実施するなどの耐震工学研究を行っています。

2005～2006年度には、文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の委託研究として、兵庫県南部地震で倒壊などの被害を受けた軸組構法住宅（移築補強・無補強建物、移築・新築伝統建物、震災復旧・免震建物）の震動台実験を実施し、耐震補強効果を確認するなどの貴重なデータを取得しました。

Wooden House Tests

In order to reduce earthquake damage, it is vital to ascertain the current state of buildings using earthquake resistance diagnostics, and to then improve the quake resistance of unfit buildings. Here, we are researching seismic engineering such as full-scale experiments targeting the many Wooden Houses that still remain in urban areas. During fiscal year 2005/2006, as a research commission on the "Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Urban Areas" from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, E-Defense carried out shaking table tests to verify the effect of seismic retrofitting on Wooden Houses (relocated reinforced/non-reinforced, relocated/new traditional-style, seismic rehabilitated and isolated), many of which collapsed in the Hyogoken-Nanbu Earthquake.



移築・新築伝統建物実験
Test on relocated and new traditional-style houses



移築補強・無補強建物実験
Test on reinforced and non-reinforced houses



震災復旧・免震建物実験
Test on rehabilitated and seismic isolated house

鉄筋コンクリート (RC) 建物実験

鉄筋コンクリート造は、木造、鉄骨造と並び、日本における最も代表的な建築構造の一つで、学校、庁舎、病院やマンションなどに多く用いられています。大地震に対して最低限人命を失わない建築構造技術の確立に向け、E-ディフェンスを活用した実験研究に取り組んでいます。

1970年代の鉄筋コンクリート (RC) 造建物を対象とした実大震動台実験を2005年度と2006年度に実施しました。2005年度は、6層マンションを想定し、1995年兵庫県南部地震の揺れで1層が激しく壊れる現象を再現しました。2006年度は、3層学校校舎を想定した試験体2体の実験を行い、耐震補強 (外付け鉄骨ブレース補強) の有無を比較しました。両実験により、構造物の崩壊メカニズムの解明に繋がるデータが得られ、耐震補強の有効性を実証することができました。



6層試験体 (2005年度)
6-story specimen (2005)



1層柱のせん断破壊 (2005年度)
Shear failure of 1st-story column

地盤・基礎実験

大地震のたびに地盤の液状化や建物を地下で支える杭基礎の損傷などが大きな問題となっていますが、被害が直接見えない (見えにくい) ため、その原因や過程は十分に把握されていません。そこで、長さ16m・幅4m・高さ5mの直方体土槽や高さ6.5m、直径8mの円筒形せん断土槽を用いて、液状化に伴う護岸の側方流動を再現したほか、地盤と杭基礎の相互作用を調べるため種々の構造物・入力波・加振方向等で震動実験を実施しました。これらの実験結果から、地盤・杭基礎構造物の被害のメカニズムや護岸の変形による地盤の挙動を把握し、被害軽減のためのデータ蓄積と対策法の検証に貢献します。



実験前の試験体
Specimen before shaking test



地盤内で折れ曲がった杭
Buckled pile in the ground



実験後海側へ1m以上動いたケーソン護岸と基礎構造物
The caisson revetment and pile foundation structure moved seaward by more than 1 m

Reinforced Concrete Building Tests

Reinforced concrete structures are amongst the most representative building structures in Japan and are used for buildings including schools, government buildings, hospitals and condominiums. Having carried out full-scale experiments in fiscal years 2005 and 2006 on RC buildings of the 1970s, E-Defense is undertaking research with the aim of establishing a structural engineering technology which contributes to minimizing the loss of human lives.



3層試験体・耐震補強有り
3-story specimen with seismic retrofitting

Ground-Pile Foundation Tests

Despite the fact that a large number of underground pile foundations have been damaged during major earthquakes, no observation has been made in terms of the actual failure process. In order to understand the mechanism of such process, E-Defense has succeeded in simulating the seismic behavior of pile foundations by applying seismic motion to a large model ground. Through the accumulation and utilization of such test data, we aim to contribute to the mitigation of damage and verification of countermeasures.

都市施設や社会基盤施設の破壊過程や耐震性能の評価

Evaluation of the Collapse Process, Seismic Performance/Safety Margin

鉄骨建物耐震実験

一般的な建築構造物の30%強を占める鉄骨造建物の耐震性向上を目的として、①現在の設計基準に従った既存鋼構造物の耐震性能を評価するための“実大4層鋼構造建物の完全崩壊再現実験”、②未経験である大地震下での制振装置の性能を検証するための“制振装置付き実大5層鋼構造建物実験”、③従来の免震・制振装置とは異なるものとして、米国NEESと共同開発した新たな構法の性能を評価するための“イノベティブ装置付きフレームの実大実験”、等を行います。

また、それぞれの実験において、ブラインド解析コンテストを開催し、数値解析技術及び解析モデル作成技術を向上させ、解析面からも鉄骨造建物の耐震性能の改善へ寄与することを図っています。

Steel-Frame Building Tests

To enhance the quake resistance of steel-frame buildings (which account for 30% of general structures): projects include, ① 'the complete collapse test of a full-scale four-story steel building specimen' to evaluate the seismic performance of existing steel-frame buildings that conform to current design standards; ② 'the dynamic test of a full-scale five-story steel building with damper system' to verify damping system capability under a not yet experienced earthquake; and ③ 'the test on an innovatively equipped frame' to evaluate the new construction method developed jointly with NEES (Network for Earthquake Engineering Simulation) of the USA.

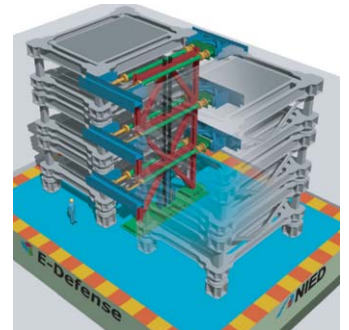
We also hold a blind analysis contest for each test in order to enhance computational methods and modeling techniques, and intend to contribute to improvement of the seismic capacity of steel buildings from the analytical point of view.



4層建物の崩壊状況
4-story full-scale steel building following test



制振試験体
Specimen with damping systems



イノベティブ装置付きフレームの実大実験
The test on an innovatively equipped frame

橋梁耐震実験研究

橋梁は都市や地域の生命線。1995年兵庫県南部地震で発生したRC橋脚の崩壊メカニズムを解明し、耐震性の向上を図るために、実大橋脚の震動破壊実験などを実施。米国NEESとも協働し効率的な耐震研究を行っています。

Bridge Structure Tests

Bridges are lifelines between cities and localities. Based on an analysis made on the collapse mechanism of RC bridge piers subjected to the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, shaking table tests are conducted on full-scale bridge piers. E-Defense has been collaborating with NEES regarding effective seismic research.



1970年代に建設されたRC橋脚（段落しない）を対象とした実験
Test of RC bridge piers constructed during the 1970s



第1回目加振後
Following 1st excitation



第2回目加振後
Following 2nd excitation



上段落とし部でせん断破壊した鉄筋コンクリート橋脚
RC pier with shear failure at the upper cut off area

震性能・余裕度を評価します of Urban Facilities and Infrastructure



首都直下地震防災・減災特別プロジェクト

切迫性が高く、甚大な被害が予測される首都直下地震による被害の大幅な軽減と首都機能維持に資することを目的として、平成19年度より5ヵ年間の研究開発プロジェクト「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」が進められています。E-ディフェンスでは、そのサブプロジェクトの一つである「都市施設の耐震性評価・機能確保に関する研究」に取り組んでいます。

震災時における建物の機能保持に関する研究開発

大地震時における救急救命、被災後の生命維持の拠点となる医療施設など重要施設の機能保持および耐震性向上に関する研究開発を行います。



試験体全景
Full view of specimen

長周期地震動による被害軽減対策の研究開発

東海・東南海・南海地震等により長周期地震動が発生した場合、重大な被害の発生が懸念されている高層建物を対象に、その耐震性能評価および被害軽減に関する研究開発を行います。

Research Project on Damage Reduction Measure for Long-Period Ground Motion

Targeting high-rise buildings deemed vulnerable to serious damage in cases of long-period ground motion following the Tokai, Tonankai and/or Nankai earthquakes, E-Defense carries out the quake resistance evaluation of such buildings and R&D related to reducing anticipated damage.

Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in the Tokyo Metropolitan Area

With the aim of drastically mitigating damage caused by the anticipated massive near-field earthquake in Tokyo and maintenance of the capital's function, the "Special Project for Earthquake Disaster Mitigation in Tokyo" began in June 2007 as a five-year project. E-Defense is engaged in one of its sub-projects "Evaluation and Assurance of Safety and Functionality of Urban Infrastructure".

Research Project on Assessment of Functionality in Medical and Telecommunication Facilities

E-Defense carries out research and development concerning the functional maintenance and improvement of seismic performance of vital facilities including medical institutions, which play an emergency life-saving and supporting role following earthquakes.



1階：X線撮影室
X-ray room



2階：スタッフステーション
Staff station



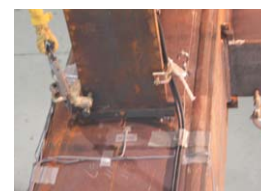
3階：手術室
Operating room



4階：病室
Sickroom



試験体全景
Specimen modeled High-Rise Buildings



実験後梁端溶接部破断
Welding break at end of girder after test



実験後梁端溶接部破断(拡大)
Welding break at end of girder after test (enlarged)

E-ディフェンスは新しい形態の研究推進やシミュ

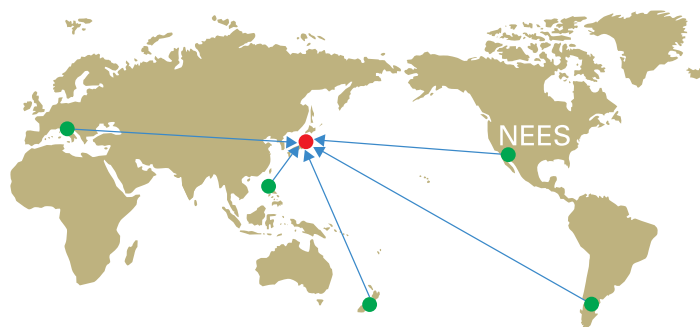
E-Defense Promotes New Forms of Research and Advanced Numerical

共同研究

E-ディフェンスは、国内はもとより海外にも門戸を開いた「国際的な共同利用施設」として、大学、公的研究機関をはじめ関連学会、民間研究機関等の協力を得て、新しい形態の共同研究を推進します。

Joint Research

As a 'globally accessible communal facility', E-Defense promotes unique collaborative research activities together with universities and public research organizations as well as related academic community and private research institutions both in Japan and overseas.

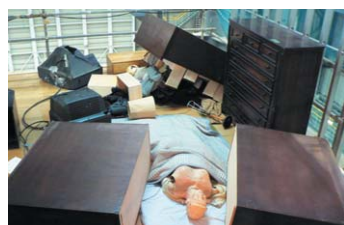


国内共同研究

構造物等の耐震性や地域の地震防災能力を向上させるため、公的・民間研究や地方自治体とE-ディフェンスを活用した共同研究を推進しています。

Domestic Joint Research

In order to improve the seismic performance of structures and disaster prevention capability, E-Defense is conducting joint research with public and private research organizations and local governments.



実験後の寝室室内写真
Interior of bedroom following test



試験体全景
Full view of specimen

国際共同研究

海外の地震国との共同研究を推進しています。特にアメリカとはE-ディフェンスとNEES(Network for Earthquake Engineering Simulation)における耐震工学実験施設群を相互に有効活用します。

International Joint Research

E-Defense promotes joint research with earthquake-prone overseas countries. It has a particularly strong tie with NEES of the USA, and both parties effectively utilize each other's earthquake engineering test facilities on a reciprocal basis.



NEES/E-Defense 共同研究会議
NEES/E-Defense joint research conference



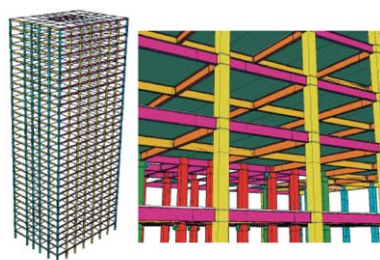
イタリアとの共同研究
Japan-Italy collaboration project

数値震動台(E-Simulator)

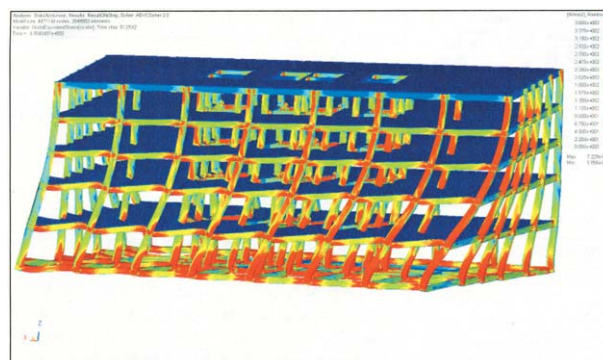
E-ディフェンスによる実験をはじめ、あらゆる構造物等の破壊過程を高精度に解析できる数値シミュレーションシステム「数値震動台(E-Simulator)」の開発を進めています。

Numerical Shaking Table (E-Simulator)

E-Defense is developing a numerical simulation system "E-Simulator" that can provide highly accurate analysis of the failure process of various structures.



31階建て超高層ビル3次元モデル
3-D model of 31-story high-rise building



解析結果
Results of numerical analysis

レーション技術の高度化を目指します

Simulation Systems



利用方法

次年度のE-ディフェンス利用は、例年12～1月頃に当センターホームページ上で公募しております。申し込み後、利用の可否については、利用委員会で審議されます。

Application for Utilization of E-Defense

The utilization of E-Defense will be promoted on our website usually in about December and January, for the following fiscal year. Upon receipt of an application, it is discussed and assessed by the E-Defense Utilization Committee.

利用料金

Utilization Fees

共用施設使用料＝

占有使用料＋実験使用料＋一般管理費＋消費税

Facility utilization Fee =

Occupancy Fee + Test Fee + Administration Fee + Consumption Tax

占有使用料＝

(1日当たり単価×占有日数)×課金率

Occupancy Fee =

Unit Price per Day x Number of Days of Occupancy x Charging Rate

実験使用料＝

人件費＋光熱水料＋消耗品費＋備品・装置使用料

光熱水料は震動台を動かすときに必要となります。

Test Fee =

Costs: Labor + Utilities + Supplies + Equipment

The utilities fee is charged for the days when the shaking table is in operation.

※施設維持費（1日当たり単価）及び実験使用料単価は毎年見直しされます。

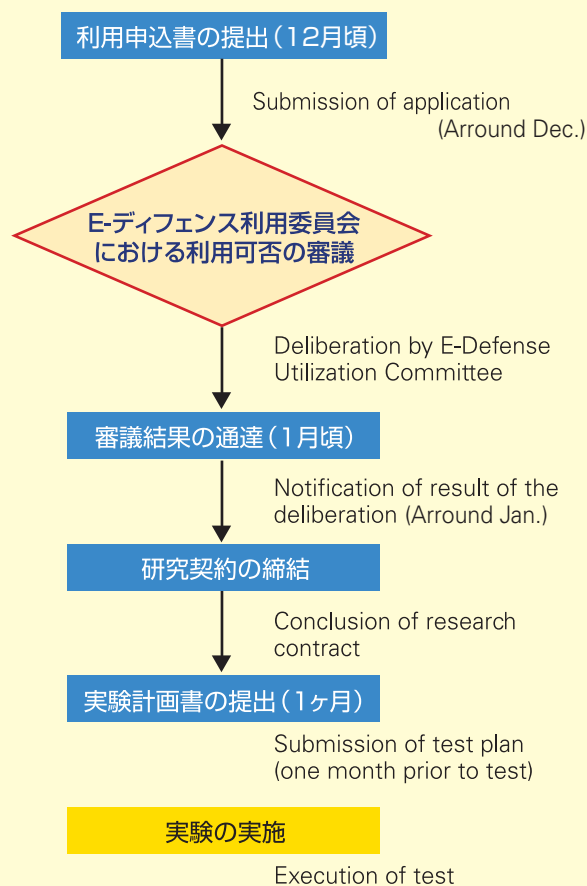
The costs regarding maintenance of the facility (unit price per day) and the test fee are reviewed each year.

(試験体の作成費、運搬、撤去費は含みません)

Costs regarding construction, transportation and removal of specimen are not included.

申し込みから実験実施までの流れ

From Application to Utilization of E-Defense



愛称「E-ディフェンス」とロゴ

“E-ディフェンス”は実大三次元震動破壊実験施設のニックネームです。

“E”はEarth(地球)を”ディフェンス”は地球規模で災害を未然に防ぎ、国民の生命と財産を守る研究開発への期待を示しています。また、ロゴは沢山の公募により選定させて頂き、“大地の割れと地震の姿”、及びこれに対応するE-ディフェンスの“三次元の動き”を三色で表現しています。

The Nickname "E-Defense" and Symbol

The three-dimensional full-scale earthquake testing facility is nicknamed "E-Defense". The letter E represents the earth, suggesting the critical need for the promotion of research and development regarding the mitigation of earthquake disasters and protection of lives and property on a global scale. The symbol, selected from proposals submitted by members of the public, represents earth rupture and earthquake, while the three colors suggest the three-dimensional motion that can be reproduced by E-Defense.



**独立行政法人
防炎科学技術研究所**

〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1
 TEL 029-851-1611 (代) FAX 029-851-1622
 URL <http://www.bosai.go.jp/>
 Independent administrative Institution
 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention
 (NIED)



兵庫耐震工学研究センター

〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀屋1501-21
 TEL 0794-85-8211 (代) FAX 0794-85-7994
 URL <http://www.bosai.go.jp/hyogo/>