

協働により減災を実現するための研究・備え・対応の拠点の構築

倉田和己¹⁾、福和伸夫²⁾

1) 名古屋大学減災連携研究センター、助教 修士 (工学)

e-mail : kurata@nagoya-u.jp

2) 名古屋大学減災連携研究センター、センター長 教授 工博

e-mail : fukuwa@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp

要 約

地域協働型の減災社会を実現するため、ヒト・コト・モノづくりの拠点となる場として、名古屋大学東山キャンパスに「減災館」を構築した。減災館は3つの機能を有しており、耐震・免震・制震技術研究のための様々な実験設備、減災の備えを進めるための教育・啓発に用いる体感型の教材、大規模災害時に対応するための非常用設備などを備えている。これらの意義や新規的な工夫について述べるとともに、減災館を活用した平時の教育・啓発の状況について報告する。

キーワード： 減災、拠点、震動実験、教育啓発、災害対応

1. はじめに

減災の基本は、ヒト・コト・モノづくりである¹⁾。ヒトづくりとは、減災への取り組みを担う人材を育成することであり、コトづくりは具体的な取り組みを推し進めるための仕組み・体制・きっかけづくりに当たる。モノづくりは、教育・啓発に必要な教材や、情報共有・活用に必要なシステムづくりが該当する。その上で、これらをインテグレートするための「場」、すなわち拠点が必要である。ヒト・コト・モノづくりを、最新の減災研究とともに実施するための拠点が存在することで、地域における産官学民それぞれが協働した減災社会の実施が可能となる。

名古屋大学減災館はこのような考え方に基づいて設置された。減災館は地域における、あらゆる減災研究の出口を担っており、その出口手法を開発すること自体が、防災・減災の実現において極めて重要な研究テーマである。本稿では、減災館が持つ3つの機能についてその意義や新規的な工夫とともに、平時の学びの場としての活用状況について報告する。

2. 建物概要 (3つの機能と建物構造)

減災館は、名古屋大学東山キャンパスに位置する、同キャンパス初の免震構造建物である。図1に外観を、表1に諸元を示す。敷地上の制約から平面形状は直角三角形となっており、偏心によって地震時に建物がねじれて震動することを防ぐため、免震構造を採用している。

減災館には、地域の産官学民と連携し減災研究を推進する「減災連携研究センター」と、名古屋大学内の安全・安心を担う「名古屋大学災害対策室」が入居しており、次の3つの機能を有している。第一に、

先端的研究のための機能として、建物全体が耐震・免震・制震に関する研究開発の場となっている。具体的には、屋上階に免震装置を備えた実験室を有し、これをアクチュエータによって加振することで様々な研究開発や実証実験が可能である。第二に、地域が減災のための備えを進めるための機能として、教育・啓発の様々な仕掛けがなされている。例えば、屋外から免震層内部を見ることのできる免震ギャラリーや、触って学べる各種の耐震教材、揺れの体験装置を備えるとともに、様々な講演会、セミナー等を実施している。第三に、大規模災害時における地域の対応拠点としての機能である。これらの「研究」「備え」「対応」の各機能については、次章以降でそれぞれ詳しく示す。



図1 減災館の外観写真

表1 減災館の主要諸元

建物名称	名古屋大学 減災館	構造種別	RC造(基礎免震構造)
所在地	愛知県名古屋市千種区不老町 (名古屋大学東山キャンパス)	免震装置	固有周期5.2秒 減衰定数30% クリアランス90cm
建築主	名古屋大学	加振性能 (屋上実験室)	100gal / 70kine / 片振幅70cm
建築面積	731.10㎡	自家発電装置	ディーゼル 120kW 1週間連続稼働
延べ床面積	2897.83㎡	モニタリング	加速度センサー(3ch 9台) 機動型加速度センサー(3ch 1台) 土圧計4台 / 変位計4台
階高	地上5階 (建物4階+屋上実験室)	防災対策	水/食料、寝具、装備品、医薬品 自治体衛星通信、長距離無線LAN

図2に建物の断面図を示す。平時は地域に開かれた教育・研究のための拠点であり、1階を実感と学びのためのスペース、2階を調べ学習のためのスペース、3階4階を研究と連携のためのスペースと位置づけている。3階4階には、地域の自治体や主要企業からの受託研究員を10名以上受け入れている。一方、大

規模災害時には1階を地域の行政とマスメディアに開放し、災害対応と記者発表を行うとともに、2階に設置される名古屋大学災害対策本部との連携をはかる。3～4階では、全国からの研究者を受け入れ、被害調査の拠点となる。このように、平常時と災害時の両面において、産官学民が集結し連携するための場作りを行うことで、減災へ向けた有機的な協働を生み出すことができる。

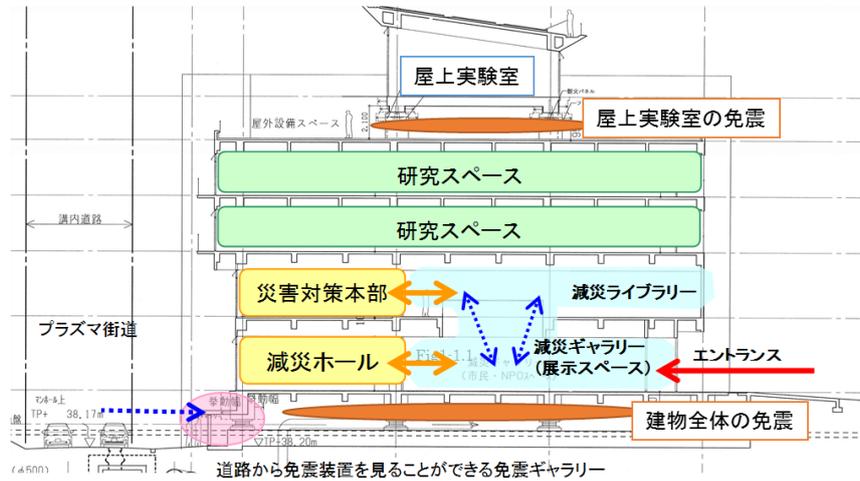


図2 減災館断面図

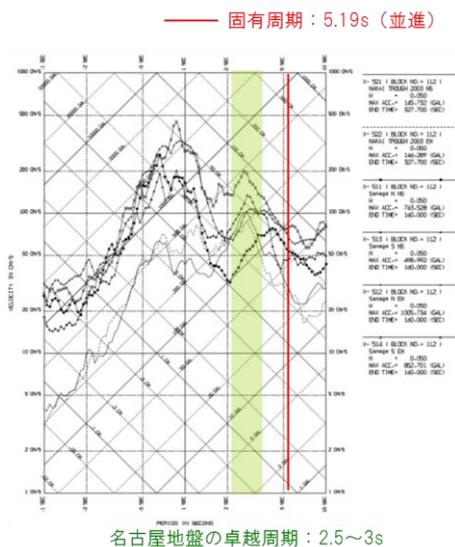


図3 地盤の卓越周期と建物の固有周期

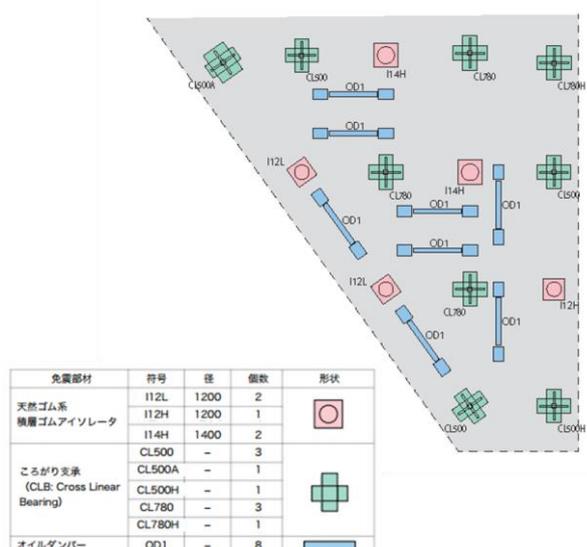


図4 免震部材の配置

巨大地震に対してこれらの機能を維持するための重要な役割を担うのが、免震構造である。図3に示す通り、敷地地盤の卓越周期は2.5秒～3秒であるのに対し、建物の固有周期を約5.2秒とすることで、地震時の応答低減効果を高めている。免震部材には、天然ゴム系積層ゴム、転がり支床、オイルダンパーを採用している(図4)。転がり支床を利用することによって免震層の初期剛性を抑さえ、弾性免震を実現している。これにより不整形な建物の振動特性を明快にするのと同時に、免震層を油圧ジャッキで強制変位させた後、急速開放することで、建物全体を自由振動実験することも可能となった。さらに、敷地の高低差を利用して免震層の北面をガラス張りにし、内部をライトアップするとともに免震・耐震・制震の技術開発に関する解説を展示し、市民がいつでも見学できる免震ギャラリーとした(図5)。このよう

に、免震建物であることを実験・研究および教育・啓発に最大限活用している。



図5 免震ギャラリー（建物北側道路から 夜間ライトアップの様子）

3. 研究拠点としての機能：耐震・免震・制震に関する研究開発の場

3.1 免震装置とアクチュエータ

建物基礎部と屋上部に備える2つの免震装置（図2参照）によって、建物全体を耐震・免震・制震実験施設とし、構造物の揺れを抑えるための技術を開発することができる。屋上実験室（図6）の免震装置は建物基礎部分の免震装置と同じ約5.2秒の周期を持ち、また屋上実験室全体で410トンの質量を有する。この実験室を2台のアクチュエータ（南北／東西方向に各1台）によって共振させることにより、最大で100gal／70cm程度の揺れを発生させることが出来る。また屋上実験室が起振力となって、建物全体を10gal程度で加振実験することも出来る。



図6 屋上実験室



図7 屋上実験室のアクチュエータ

今後、屋上実験室の免震装置にオイルダンパーを追加設置し、屋上実験室をTMD (Tuned Mass Damper) として機能させ、TMD付き免震構造物の制震効果を実証することを考えている。さらに、建物に設置されているモニタリング用センサーとアクチュエータを連携させることで、屋上実験室をAMD (Active Mass Damper) として機能させることも可能であり、これによりAMD付き免震構造物の有効性の実証実験を行う予定である。

さらに、前述のとおり初期剛性の低い弾性免震構造であるため、建物基礎部を油圧ジャッキで加力し、

強制変位させた上で急速に開放すると、建物全体を自由振動させることが出来る。これにより、建物全体と屋上実験室をそれぞれ「地盤とその上に位置する建物」に見立てた共振実験を行う事ができ、共振対策技術の研究開発が可能である。このような、2つの免震装置を有しそれを連携させて実物の建物をいつでも加振する事ができる設備は他所に例がなく、先端的な研究の場であると言える。

3.2 モニタリングシステム

前項の建物を揺する機能を利用して、建物、基礎、周辺地盤等をセンサーでモニタリングし、建物の耐震性能や振動性状の評価、免震装置の経年劣化や耐久性評価、振動ヘルスマニタリング技術の開発などを行う事ができる。

具体的な観測体制を図8に示す。複数種類の高精度加速度センサー、変位センサー、土圧センサーを配置しており、地震時および建物加振実験時の建物振動や土圧変化を観測することが出来る。実験の場合は加力源が明らかであるため、特に従来未解明だった免震層擁壁部の土圧変化の性状を明らかにできると考えている。また屋上実験室での加振実験からは免震装置の経年劣化および疲労データを、建物基礎の自由振動実験からは免震装置の経年劣化データを得ることが出来る。さらに、このような観測体制からノウハウをフィードバックし、安価なセンサーネットワークを用いたモニタリングの技術を開発することも予定している。

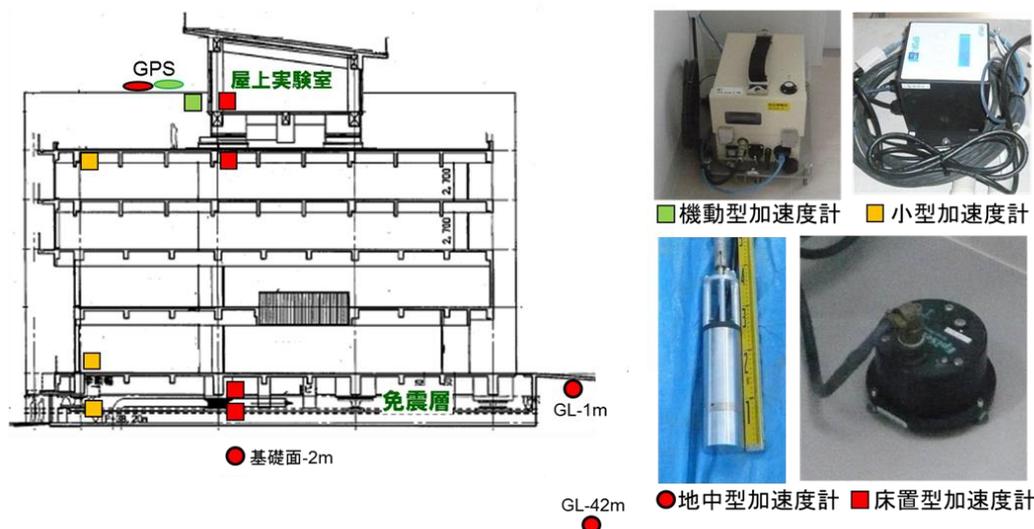


図8 減災館モニタリングシステム

4. 備えの拠点としての機能：教育・啓発の様々な仕掛けを有する場

4.1 減災の必要性を実感するための体感装置

図9に減災館1階の鳥瞰図を示す。雁行型の壁面を利用し、展示物を高密度に配置している。また、図中手前のエントランスから奥に進むに従い、徐々に内容が高度になっていくように設定されている。体感型の装置や実物展示を多く備えることで、見る人を惹きつけ、減災について深く学ぶためのきっかけを作り、対策行動へ結びつける「我がこと感」を得ることができる。以下では代表的なものについて述べる。各教材の詳細やレイアウトについては、減災連携研究センターHPにある「減災館のヒミツ」

(http://www.gensai.nagoya-u.ac.jp/?page_id=2427) を参照されたい。

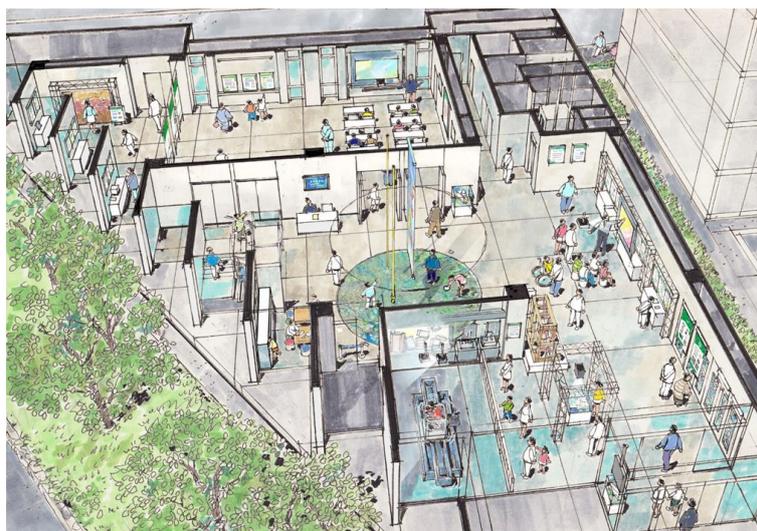


図9 減災館1階鳥瞰図

耐震化の動機付けを行うには、揺れをリアルに体感することが効果的である。長周期・ロングストロークの体感型振動台BiCURI（図10）は、人が乗ることが可能で、長辺方向に往復最大3mの加振が可能である。海溝型巨大地震による超高層建物の共振現象を再現するとともに、室内被害動画が背景映像として同期することで、視覚的にも長周期地震動による被害を体感できる。また、屋上実験室ではアクチュエータによる揺れに合わせ、3次元のバーチャルシミュレーションによって室内の被災体験が可能である（図11）。この3Dモデルは部屋や家具の配置を自由に設定でき、リアルタイムで家具転倒を演算し表示する。部屋ごと体感できる環境であるため、室内に機材を持ち込み、災害対策本部や災害医療現場の対応シミュレーション訓練を行うことも可能である。

さらに、1階から2階の吹抜空間を使った試みとして、まず床面の空中写真（図12）がある。これは、名古屋市を中心とした東西36kmの範囲をおよそ1:6000スケールで印刷した高解像度な画像であり、フルネルレンズを用いた大型ルーペで覗きこむ事により、都市域全体を俯瞰しながら自分の家を探しだすことが出来る。その上に、吹抜天井面からの高輝度プロジェクタ投影によって様々な地理情報を投影し、地域の姿とその災害危険度をリアルに実感することが可能である。また吹抜の高さ方向を活かし、東海地域の津波被害予測結果から浸水深を実寸で表示する垂れ幕や、減災館の固有周期5.2秒に等しくなるよう長さを調整した登り綱（体育用具を活用）を備えている（図13）。これにより、数字だけでは実感し難い津波高さや、長周期の揺れの特徴を感覚的に掴むことが可能である。



図10 長周期地震動体感型BiCURI



図11 屋上実験室内部の3次元シミュレーション



図12 床面空中写真と地理情報の投影



図13 津波高さと長周期体感登り綱

4.2 工夫を凝らした体感型教材と実物展示

前項のようなハザードの実感だけでなく、防災・減災のより幅広い分野について本質を理解することが重要である。図14は減災館の免震構造と振動実験環境を説明するための模型で、基礎部と屋上部にそれぞれ免震装置が組み込まれ、モーターで屋上実験室部分を加振する事が出来るものである。2つの免震装置を使った安全対策や振動実験の考え方を模型で確認し、免震の原理や実験の意義について理解することが可能である。図15は3Dプリンターを用いて作成した極めて精緻な東海地域の地形模型（縮尺1:20万）の上に、プロジェクションマッピングの技術を用いて正確に地理情報を投影するシステムである。活断層の位置や都市の成り立ちを地形と関連付けて理解するとともに、ハザードと地形の関係を学ぶことが出来る。

壁面を活用した展示としては図16のような、南海トラフ周辺地形の立体地図がある。赤青メガネを用いて立体視することの出来るアナグリフであり、活断層や複雑なプレート境界の存在を確認するとともに、地震発生確率について学ぶきっかけともなる。また図17は1586年の天正地震における液状化痕跡地盤の実物剥ぎ取り展示である。遺跡発掘調査時に発見されたもので、1610年清洲越しでの名古屋への高台移転について歴史を学ぶことが出来る。

その他には、建物耐震、地盤と建物の共振、津波・液状化のメカニズムなど一連の模型教材シリーズ³⁾や、キッズコーナーでの紙やストローによる耐震模型作成、災害時の備蓄品や家具転倒グッズの実物展示、東日本大震災の津波漂流物や石巻日日新聞の紙面などがある。市民が手にとって学ぶ、または本物を目の当たりにすることで、対策の必要性を強く感じる事の出来る教材を備えている。



図14 減災館振動模型（1/50）

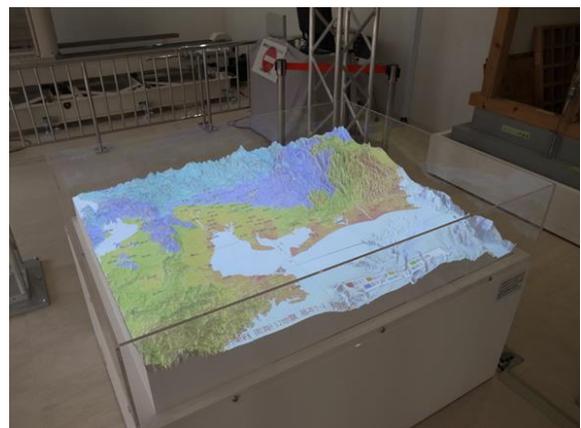


図15 精緻な地形模型へのハザード投影



図16 陸上・海底地形の立体視



図17 天正地震における液状化痕跡の剥ぎ取り

4.3 自ら調べ地域を知るための学習の場

減災対策の必要性に気づき、その重要性について理解した後は、具体的に地域において何をすべきか調べ学ぶ必要がある。そのための学習の場が、2階に備えられたライブラリーである（図18）。

ここでは、防災・減災に関する書籍や雑誌、資料がアーカイブされている。特に、東海地方4県の基礎自治体から収集した市町村史や地域防災計画、ハザードマップは、地域について調べる上で極めて重要な資料である。また、名古屋大学が過去10年以上にわたって収集してきた新聞記事やNHKの防災特番がデータベース化されており、そこから情報を調べることが出来る。閲覧コーナーには名古屋大学が実施している防災アカデミーの様子を過去100回分以上、自由に視聴できる環境を用意している。歴史地震に関わる貴重な資料も多数収集しており、古文書等はスキャンしてデータ化されている。

将来の減災まちづくりを考える上では、過去から現在への地域の変遷を押さえることが重要である。そのための古地図、古い写真、浮世絵、図会、地名の由来などの資料を収集・整理しており、それらをGIS上に統合したシステムである今昔マップを公開している（図19）。このソフトウェアと大型タッチパネルを使って地域の成り立ちとハザードの関係をわかりやすく調べることが出来る。その他の情報システムとしては、東海地域の約10万本のボーリングデータベースを可視化し、地下構造モデルと対比させて確認できるソフトウェアもデモンストレーションしている（図20）。このように、資料、映像、情報システムによって防災・減災に関する様々な情報を調べることが出来る環境が整っている。



図18 2階ライブラリー全景

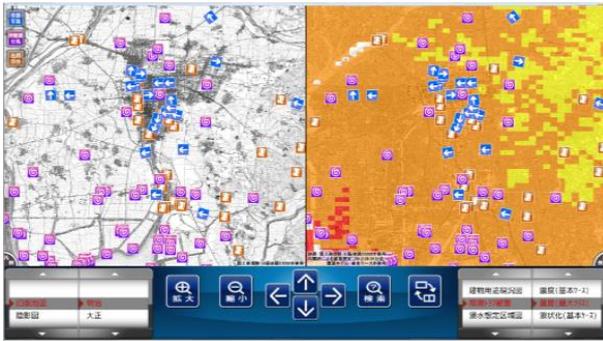


図19 今昔マップ画面例

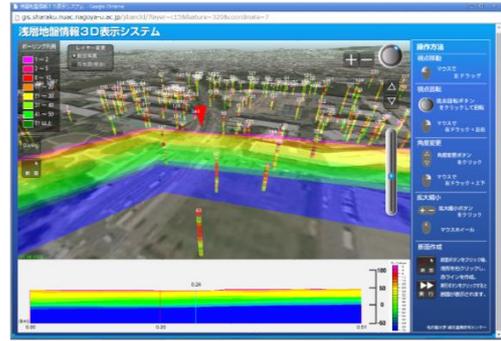


図20 地盤DBの3D表示例

5. 対応の拠点としての機能：情報が集まる地域と大学の災害対応拠点

大規模災害時には、安全かつ機能維持可能な地域の災害対応拠点であると同時に、名古屋大学の災害対応拠点（図21）としても活用されるため、建物には様々な災害対応設備を備えている。120kWで一週間の連続稼働が可能なディーゼル発電機に加え、プロパンガス、太陽光発電、外部電源車の接続端子など、多様なエネルギー源を確保している。情報面では、自治体衛星通信を備え愛知県庁と連携するとともに、長距離無線LANによって国交省中部地方整備局と情報共有を行う。水・食料の備蓄としては市販品を30人×一週間分備えるとともに、屋上のタンクには30人×一ヶ月分の飲料水と雑用水を蓄えている。このような備えは、産官学の事業継続のためのモデルにもなると考えている。



図21 名古屋大学災害対策本部

6. 平時の活用の様子とまとめ

減災館への来館者は、集計開始以降5ヶ月間で5000人を超えるペースである。来館者の属性は官公庁の訪問、企業や研究機関の視察、一般市民の見学など様々である。現状は祝日を除く火曜日～土曜日の13時～16時を一般公開としており、減災連携研究センターの教員が毎日日替わりでギャラリートークを実施している。これは市民と研究者の接点でもあり、大変好評である。定期的なイベントとしては防災アカデミーとげんさいカフェを毎月実施しており、様々な教材に囲まれた空間で最新の研究に関する講演を行っている。さらに8月は夏休みイベントとして子供向けの講座を実施し、9月以降は伊勢湾台風などの企画展を行う予定である。これらについては別途報告したい。

このように、減災館は研究・備え・対応の各機能を有し、平常時から地域の減災を推進する拠点として、産官学民の各主体が集い、協働し、総力を結集するための場である。今後、建物の各機能をさらに充実していくとともに、減災社会構築のための枠組を発信していきたい。

謝 辞

減災館の構築に当たっては、設計から施工、設備、教材の導入に至るまで、大変多くの方々に多大なるご協力を頂いた。また、その運営・維持に関しては産官学民の各分野から多数の支援を頂いている。各位に対し、ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 福和伸夫, 飛田潤, 鈴木康弘: 中京圏における地震防災力向上のための大学研究者による実践研究, 地域安全学会論文集 No. 6, 2004.11, pp.223-232.
- 2) 福和伸夫, 飛田潤, 護雅史: 減災行動誘導のための統合型地震応答体感環境の構築, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2008.09, pp.841-842.
- 3) 福和伸夫, 原徹夫, 小出栄治, 倉田和己, 鶴田庸介: 建物耐震化促進のための振動実験教材の開発, 地域安全学会論文集 No.7, 2005.11, pp.23-34.

Developing a Regional Disaster Mitigation Base for Research, Prevention, and Disaster Response.

KAZUMI Kurata ¹⁾ and NOBUO Fukuwa ²⁾

1) Assistant Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., M. Eng.

2) Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

ABSTRACT

We developed a regional disaster mitigation base at Nagoya University (Higashiyama Campus), called 'Disaster Mitigation Research Building -GENSAIKAN'. This building has three functions, experimental installation for researching seismic retrofit, educational materials for people and students to prepare disaster, many equipment for disaster response by Nagoya University and Disaster Mitigation Research Center. This paper shows the point of originality and ingenuity, and reports activities in 'GENSAIKAN'.

Keywords: Disaster Mitigation, Regional Base, Shaking Experiment, Education, Disaster Response