

## Global COE プログラム「震災メガリスク軽減の都市地震工学国際拠点」の総括

拠点リーダー 建築学専攻 時松 孝次

わが国の大都市は人口・産業・情報の集中により都市機能が複雑化・脆弱化し、巨大地震や直下地震などによる大きな震災リスク(震災メガリスク)を内包している。さらに、近年発生した地震により、長周期地震動、重要施設の機能停止にともなう被害の波及など、震災の巨大化を加速する新たな課題も明らかとなった。巨大化する震災は日本経済を破綻させるばかりでなく、世界経済にも重大な影響を与えるといわれている。このような課題を解決して、より安全・安心な社会を形成するためには、都市の耐震化を進めるための創成・再生・回復技術を統合した新たな都市地震工学研究の推進、ならびに震災メガリスク軽減のための技術と戦略を世界各地で実践展開できる研究教育者・防災技術者の育成が急務となっている。

このような背景を踏まえて、本G-COEプログラムでは、21世紀COEプログラム「都市地震工学の展開と体系化」で育んできた教育プログラムを拡充強化し、地震防災分野で「教育・研究の国際的リーダーシップをとれる人材」ならびに「問題発見から解決までのプログラムを国際社会でマネジメントできる人材」の育成を目指すとともに、「東工大都市地震工学センター」の下に、地震に強い都市の創成・再生・回復のための「都市地震工学」に関する最先端研究を進展させ、さらに、国際会議、若手研究者国際ワークショップ(WS)などにより、成果の情報発信と人材・知財・技術の国際展開を推進し、世界の地震工学の教育研究をリードするわが国唯一の都市地震工学国際拠点を形成することを目的とした。

教育面では、従来の博士後期課程「都市地震工学特別コース」に、平成20年度開始の国費留学生特別配置を含む修士博士一貫制国際大学院プログラム「日本の地震防災技術による国際貢献を担う高度技術者の養成プログラム」を柱とする「都市地震工学国際コース」を新設し、特任・連携・客員教員、外国人特任教員などを含めた幅広い視点からの講義、研究指導、論文審査などを積極的に取り入れ、新たに国際人育成のための「3ステッププログラム」を開講してカリキュラムを充実させ、日本人学生・留学生・社会人などの多様なニーズに対応させた。特に、3ステッププログラムの最後のステップ「実践プラクティス」では、学生の共同作業として、密集市街地における地震防災上の問題点を現地踏査し、改善案を取りまとめたり、特定国の地震復興計画の立案を行い、その成果をJICAにプロポーザルしたり、津波被害を受けた地域で、住民と共同作業により復興住宅計画(牡鹿半島地域再



第9回都市地震工学国際会議集合写真

生支援)の立案をおこなうなど、教育カリキュラムとその成果が、より密接に震災の軽減に貢献できるように計画し、若手研究者の実践力・協調力などを高めた。また、多様な経済的支援(RA採用など)、国際共同研究・若手研究者国際WS参加の奨励、提案型競争的研究費の配分、PEERとの若手研究者国際WS開催などの戦略的施策を行い、優秀な学生・若手研究者が経済的な心配なしに自由な発想の下、国際的感覚を身につけながら成長出来る施策を整備した。さらに、国際会議に若手研究者教育セッションを設け、論文審査により選抜した海外の優秀な若手研究者を招聘し、若手研究者の国際交流の場を構築するとともに、世界的に著名な研究者を同時に招聘して審査を行い、優秀者に若手研究者賞を授与した。このようなユニークな企画を持った国際会議は、世界各国の研究者から認知され高い評価を得るに至った。また海外の優秀な若手研究者発掘の施策として、ホームページを利用した国際公募・海外連携機関等への推薦依頼、アジアに配信する国際インターネット授業の成績優秀者のスカウトなどを積極的に行った。これまでに博士課程学生は、論文賞・奨励賞等18件、論文発表賞等37件を獲得し、本事業で支援を受けた若手研究者は、国内外の教育・研究機関などに巣立ち、施策の高い効果が認められた。

研究面では、地震に強い都市の創成・再生・回復技術を統合化した震災メガリスク軽減のための「都市地震工学」を進展させるため、(1)新たに顕在化した震災の巨大化を加速させる問題にも対応できる「地震防災イノベーション技術」、(2)既存大都市の多様な震災メガリスクの軽減に有効な「都市耐震リノベーション技術」、(3)巨大震災から早急に都市機能を回復させる「都市災害マネジメント技術」の研究を、国内外の機関等とも連携して推進した。プログラム3年目に発生した東北地方太平洋沖地震では、都市における震災メガリスクを引き起こす課題が再確認または新たに指摘された。そこで、本プログラム後半では、特に緊急解決が重要と認められた以下の課題について重点的に研究を推進した。

- 長周期地震動に対する高層建物の耐震補強技術の高度化
- 避難施設に利用する体育館等の大空間構造の耐震性向上
- 住宅の液状化対策と復旧対策
- 地域の風土に適した災害復興住宅問題
- 津波発生時における住民の避難行動
- 大地震時の市街地大火災を想定した広域避難問題
- 密集市街地における大地震時の避難問題
- 帰宅困難者問題
- 事業継続計画

研究開発した技術を学内建物の耐震改修や、企業との共同研究を通じて、東海、関東地区の50基を超える電力通信鉄塔の耐震改修に用いるなど、その社会実装にも努めた。これらの成果により、事業推進担当者は、学会賞等33件を受賞した。特に、既往不適格建物の新たな耐震補強法を提案し、学内施設に適用した研究成果は、学会・産業界の両方から表彰されるとともに、海外からも注目された。また、制震構造住宅の普及を推進するコンソーシアムを立ち上げ、ハウスメーカーなど20社からの賛同と積極的な参加を得て、普及活動を推進した。さらに、国(中央防災会議)、自治体(東京都、神奈川県、横浜市、浦安市など)の地震被害想定委員会や地震対策委員会において、本プログラムによる各種研究成果が利用され、地震防災対策の向上に寄与した。

国際連携・社会貢献面ではPEER(米国太平洋地震工学研究センター)との組織的教育研究連携を軸として、北南米、アジア、欧州などの各機関との協力体制を強化し、国際共同研究や東北地方太平洋沖地震の共同被害調査、復興支援、アジア地域で開催される国際会議、シンポジウムの共催・協力などを含む幅広い教育・研究活動を推進した。また、第6~10回都市地震工学国際会議(第7回は5ICEE、第9回は4ACEEとのジョイント会議)を主催し、成果の積極的な情報発信や、技術移転、若手研究者育成、若手研究者ネットワークの構築などを推進した。先述したように、国際会議を若手研究者の登竜門としたことが国際的に高い評価を受け、参加者が増加し、内容・企画ともにグローバルCOEにふさわしい国際会議であるとの高い評価を得た。さらに、都市地震工学ミニワークショップ・都市地震工学談話会・市民講座などを定期的で開催するとともに、ホームページを充実させて、成果の国際展開と社会への発信に努め、本センターの国際拠点としての地位を確立した。

本Global COEプログラムは、平成25年3月で一区切りとなったが、この間に培った有効な施策は可能な限り継続させ、今後も東京工業大学が地震工学の分野で多くの優秀な人材を育成するとともに、メガリスク軽減のための先端研究と国際貢献で世界を牽引すべく努力していきたい。最後に、本プログラムにご助言・ご協力いただいた方々に厚くお礼申し上げます。



第1~10回都市地震工学国際会議の論文集

## GCOE 震災メカリスク軽減の都市地震工学国際拠点における教育活動

土木工学専攻(教授) 二羽淳一郎

### 1. はじめに

東京工業大学の博士課程の教育成果に関する目標は、「科学技術および社会に対する広い学識を修得し、国際的に高度なリーダーシップを発揮できる先導的科学家、研究者あるいは高度専門職業人を養成する」こととなっている。これを踏まえて、本 GCOE プログラムでは、平成 15 年度から開設された博士後期課程の「都市地震工学特別コース」を、平成 20 年度から開始された修士・博士一貫制国際大学院プログラム「日本の地震防災技術による国際貢献を担う高度技術者の養成プログラム」に適用できるようにさらに拡充強化して「都市地震工学国際コース」を設置した。そしてこのコースの中で、地震防災に関する最新の知識と高い見識に加え、国際コミュニケーション能力、幅広い視野と柔軟な思考力、独創的・萌芽的発想力を持ち、国際的にリーダーシップを発揮できる地震防災分野の先導的研究者・高度専門技術者を育成することを目標として、活動を行ってきた。具体的に、以下のような人材を養成することを目指してきた。

- ①「教育・研究の国際的リーダーシップをとれる人材」
- ②「問題発見から解決までのプロセスを国際社会でマネジメントできる人材」

### 2. 人材育成のための具体的方策

本プログラムの教育課程における人材育成計画では、大学院生、PD、若手研究者に、国際的に活躍できる能力を付与することを目指し、以下のような具体的な方策を取り入れることにした。

#### 【指導体制】

本プログラムの教育専門職員としてコーディネーターを採用し、カリキュラム調整・改善、連携機関からの招聘教員の調整、留学生の募集活動、広報活動などを効率よく推進することとした。また、主指導教員に加えて、メンターを兼ねた副指導教員を配置し、複数の教員が学生の学習、研究の進捗状況を確認し、所定の期間より短期間（修士博士一貫で平均4年）で博士の学位取得を目指すこととした。

#### 【国際人育成を目指した教育】

全カリキュラムを原則として英語化し、PEER を始めとする海外連携機関等から教員や研究者を招聘し、グローバル化に対応した幅広い視点からの講義、研究指導、論文審査などを実施する。さらに、以下の「3ステッププログラム」を開講し、充実した魅力あるカリキュラムを編成し、学生の広い視野と柔軟な思考力の育成を図る。

#### 【3ステッププログラム】

##### ○ステップ1「国際テクニカルコミュニケーション」

外国人教員の指導のもと、既存の英語プレゼンテーションスキル科目をさらに充実し、国際会議発表・討議が十分可能となるレベルのコミュニケーション能力を養うこととした。

##### ○ステップ2「国際コラボレーション」

南アジア、あるいは中東の諸国の大都市などを対象として、地震危険度予測や都市防災技術戦略について、日本人学生と留学生との協働作業により、報告書をまとめさせ、教員と学生の前でプレゼンテーションを行わせる取り組みを通じて、国際コミュニケーション能力、調整力、協調力、リーダーシップ力などを養成する。

##### ○ステップ3「国際実践プロジェクト」

国際共同研究や国際協力事業と関連させて、海外連携機関または国内の公的研究機関などに、3ヶ月程度以上派遣し（インターンシップ）、幅広い視野、実践力、マネジメント力などを育成するとともに、卒業後のキャリアパスの可能性を開く。

以上の3ステッププログラムの実施により、個々の専門にとらわれない、幅広い実力を付与していくことを目指した。

### 3. 経済的支援と若手育成策

本プログラムに所属している学生自身の教育力を養成するため、博士課程学生には最低半年間のTAを必修とした。日本学術振興会特別研究員と同様の研究計画書提出、ならびに面接により博士課程学生をRAとして雇用し、毎年成果報告書を提出させ、優秀者には重点的な支援（研究計画書の審査と研究実績により、年間100万円程度から最大240万円程度）を行った。

また、本プログラムには、GCOE 予算とは別途に、修士・博士一貫制の国費留学生枠が 5 名分用意されており、優秀な留学生を獲得できる状況が実現された。

さらに、優秀な博士課程修了者や若手研究者が、本プログラムの研究環境で、自立して研究を遂行する能力を養成できるように、これらの若手人材を PD、特任助教などとして採用し、経済的に支援した。具体的には、研究計画書の審査と既往の研究実績により、年間 480 万円程度から 720 万円程度の補助を行った。

この他、独創的・萌芽的発想力、研究力などの育成と早期自立を目的として、研究費配分申請書の評価に応じた研究経費を博士課程学生、若手研究者に配分した。具体的には、研究計画書の審査と研究実績により、年間最大 150 万円程度を配分した。連携機関との共同研究などに関連させた学生・若手研究者の国際交流、学生・若手研究者の主体的な企画運営による若手研究者国際 WS などを継続的に実施し、これに参加する優秀な学生を経済的に支援し、若手研究者の国際ネットワーク形成を促進した。

#### 4. コースカリキュラム

本プログラムは、「1. はじめに」で述べた人材育成を目指して、講義体系を 0 系（基礎共通科目）、I 系（地震・地盤科目）、II 系（構造技術科目）、III 系（災害リスク管理科目）、IV 系（国際実践型科目）、V 系（専門研究科目）に分類し、約 50 科目を開講してきた（図 1）。これら十分な数の講義によって、学生は主たる専門分野、加えてその基礎となる専門分野、さらには関連専門分野を体系的に習得することができる。これを通して、実践研究の遂行が可能となり、さらに国際実践型科目（3 ステッププログラム科目）を組み合わせることにより、本プログラムを修了した博士は国際プロジェクトをリーダーシップを持ってマネジメントできる素養が付与されることとなる。

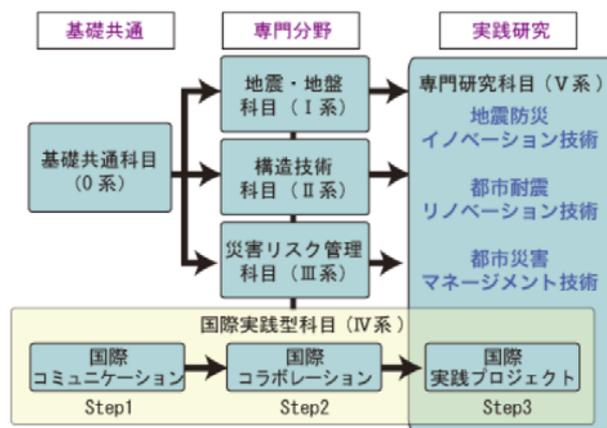


図 1 カリキュラムの体系

本プログラムは独立した博士前期課程、博士後期課程（修士・博士区分コース）、修士・博士一貫コースと様々なニーズに対応できるように設計されているが、このうち、国際大学院プログラムである「日本の地震防災技術による国際貢献を担う高度技術者の養成プログラム」では、以下のような修士・博士一貫コースを標準としている。

##### 【修士・博士一貫コースの修了要件】

##### 修士（修了年数 1～2 年：標準 1.5 年）

- ・ 0 系科目 4 単位以上、自専門系科目（I, II, III 系のいずれか）から 6 単位以上、他専門系科目からそれぞれ 2 単位以上、IV 系科目 2 単位、在学年数の 4 倍の単位の V 系科目（Special Experiment, Seminar）、その他、コース外科目 4 単位を含み、Off-Campus project の単位を含まない 30 単位以上を取得すること。
- ・ 特別課題研究（修士論文研究）を提出し、審査に合格すること。

##### 博士（修了年数 2～3 年：標準 2.5 年）

- ・ 修士取得者は、博士課程進学資格試験（審査員 5 名以上）に合格後、正式に博士候補者として認められる。
- ・ 審査には、原則として外部審査員を加えること。
- ・ 修了のためには、博士在学年数の 2 倍の単位の Seminar、ならびに国際コミュニケーション、国際コラボレーション、Off-Campus project（国際実践プロジェクト）を、それぞれ 1 科目以上取得すること。
- ・ 博士論文研究中間審査、博士最終学位審査に合格すること。

## 5. 国際コラボレーションの実施例

3 ステッププログラムの中から、国際コラボレーション科目と国際実践プロジェクト科目について、以下に概要を紹介する。

「国際コラボレーション1」では、留学生と日本人学生からなる混合作業チームを複数編成した。そして、これらのチームが、東京都内の地域危険度マップで建物の倒壊危険度や火災危険度、総合危険度の高い地区に出かけていき、現地で実際にフィールドワークを行った。そして、その地区の実態を調査するとともに、対策を提言するものである。例えば、図2は都内荒川区のある地区の例であるが、火災に対して家屋が密集していたり、燃えやすいものが放置されていたり、あるいは飲食店が密集している状況を確認している。また、図3は建物が密集し、隣家との間隙も少なく、災害発生時には脱出が困難と思われる状況である。この状況に対して、作業チームは、この地区には2つの小さな公園と1つの小学校が存在するのみであることから、現状の公園をさらに拡張することと、空地を増やして公園化することを提言している（図4）。



図2 荒川区内の住宅地ならびに飲食店の状況



図3 住宅密集の状況



図4 公園の拡張と空地増加に関する提言

## 6. 国際実践プロジェクトの実施例

国際実践プロジェクト科目の中の「国際インターンシップ」では、台湾の国立中央大学からの強力な支援のもとに、ユニークな取り組みを行ってきた。以下にその概要を紹介する。

「国際インターンシップ」では、夏期休業中の9月に東工大の大学院生を10名程度、台湾の国立中央大学に派遣し、中央大学の学生との混合作業チームを複数編成する。そして、中央大学の教員による、当該地域全域の危険度に関する基礎的な講義の後(図5)、各チームはそれぞれの担当地区でフィールドワークを行い、また居住者に対するインタビューも行う(図6(a), (b), (c))。フィールドワーク終了後、チーム内で討議を重ね、最終的に調査結果と危険度低減のための対策を取りまとめ、東工大ならびに中央大学の教員や学生の前でプレゼンテーションを行うというものである(図7(a)~(h))。なお、2012年には、調査対象となった桃園市中壢市役所の職員の方々もプレゼンテーションを聴講した。



図5 中央大での講義の状況



(a)消火栓調査



(b)建物の調査

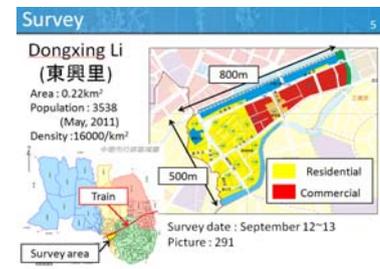
図6 桃園市中壢市におけるフィールドワークの状況



(c)インタビュー



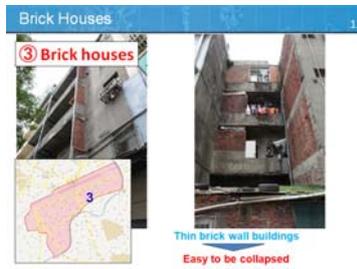
(a) 中壢市東興里での調査



(b) 調査対象地区の概要



(c)危険な建物



(d)脆弱なレンガ造の建物



(e)建物間の狭い間隔・薄い建物

Vulnerability Assessment 29

Assessment Algorithm

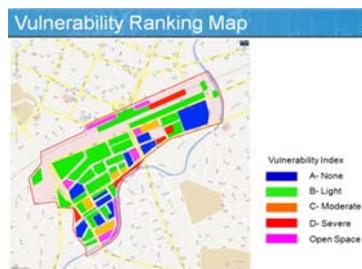
A algorithm to calculate the vulnerability score and level

Building ID	Age of Building	Construction Quality	Structural Types	Construction Material	Maintenance	Number of Stories
Weighting Coefficient	0.2	0.1	0.1	0.15	0.15	0.05
Building No. 1 Name	5	6	5	6	5	7

Space between Buildings	Plan Irregularity	Unreinforced Additional Construction	Distance to Open Space	Buildings with Weak Bottom Floor	Vulnerability Level (Score)
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	C
8	8	8	6	7	(5.95)

(f)脆弱性の評価結果



(g)危険度マップの作成



(h)最終的な成果発表

図7 国際インターンシップと成果発表

## 7. おわりに

本プログラムは、GCOE 終了後の現在も東工大の修士・博士一貫コースの中の一つのプログラムとして継続している。ここで行われた教育における特徴ある取組みに関しては、今後もその内容や構成を随時改善しながら、是非継続していきたいと考えるものである。

本プログラムでは、世界の大都市が直面する震災メガリスクの軽減を目的として、地震に対して回復力の高い都市を実現するための都市地震工学の研究を進めた。従来の工学地震学、耐震工学、防災計画、災害管理、災害心理学などを基礎として、以下の3つの研究分野を設定し、多角的な研究を目指した。

- 研究分野1：新たに顕在化した震災の巨大化を加速させる問題にも対応できる「地震防災イノベーション技術」
- 研究分野2：既存大都市の多様な震災メガリスクの軽減に有効な「都市耐震リノベーション技術」
- 研究分野3：巨大震災から早急に都市機能を回復させる「都市災害マネジメント技術」



GCOE プログラムでの研究項目の概要

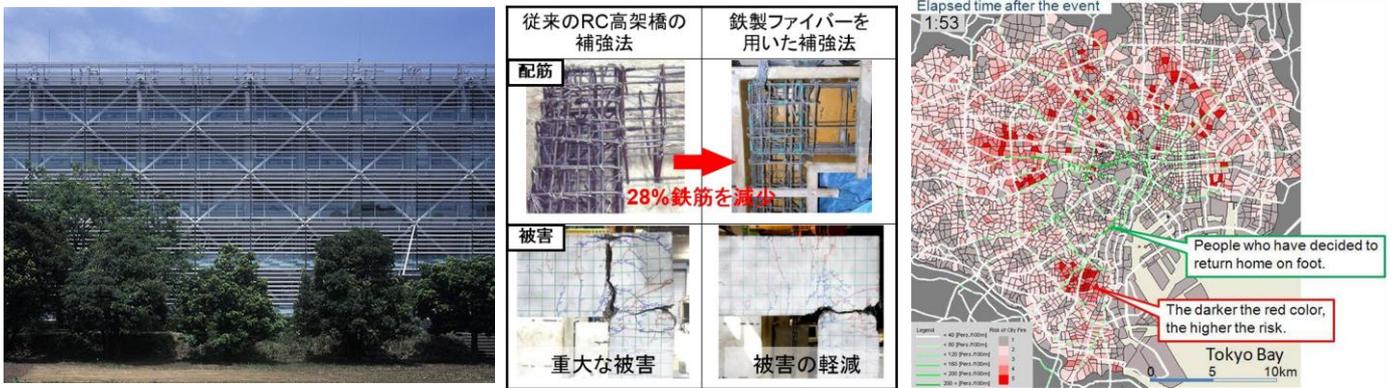
得られた成果の例を以下に示す。なお、個別の研究成果については各事業推進者からの報告を参照されたい。

○研究分野1「地震防災イノベーション技術」に関して、高精度地震動シミュレーションでは、本学のスーパーコンピューターTSUBAME を利用して行い、首都圏での長周期地震動の予測を行った。構造物応答低減システム、基礎・上部構造連成系の高耐震化システムでは、世界最大の振動台 E-defense 等を利用して、システムや解析手法の有効性を検証し、設計法を提案した。リモートセンシングによる地震被害早期検出では、画像解析による自動検出法について開発を進めた。また、米国等の研究者と協力してハイチ地震の被害検出プロジェクトにも参加し、早期復興計画の策定に寄与した。



高精度地震動シミュレーション 振動台実験による制振構造の検証 衛星画像によるハイチ地震の被害検出

○研究分野2「都市耐震リノベーション技術」に関して、構造物の耐震診断・改修・修復技術では、実際の建築物や土木構造物に適用し、実用化を進めた。非構造材の高耐震化では、天井の耐震化システムを開発し、関連する規準に反映されつつある。帰宅困難者を考慮した広域避難計画では、行政と連携して高精度の人間行動シミュレーション結果を具体的な避難行動に役立てる取り組みを行った。



環境や外観に配慮した建物耐震改修 RC 高架橋の新たな耐震補強方法 震災時避難行動シミュレーション

○研究分野3：都市災害マネジメント技術に関して、防災意識喚起のための防災教育では、企業と共同で地震体験シミュレータによる防災教育プログラムの開発と実践を行った。BCP 策定手法の高度化では、関連する NPO と連携して地震危険度評価技術、被害検出技術、耐震化技術の実践的活用について検討し、BCP の高度化を行い、大学の BCP として実践した。地域の生活慣習に根ざしたコミュニティ復旧戦略では、現地研究者の協力を得て、ジャワ島地震の被災地において文化に根ざした仮設住宅のあり方について提案した。さらに東日本大震災の被災地において地域の風土に合った被災者住宅を提案しワークショップ等を通じて住民と意見交換しながら、その実現に向けた取り組みも行った。



地震体験装置を用いた防災教育 文化に根ざした被災住宅の提言 クリアリングハウスによる情報発信

この他、2011年東北地方太平洋沖地震、2008年中国四川地震、2009年イタリアラクイラ地震、2010年チリ地震、など国内外で発生した8つの被害地震の被災地に調査チームを派遣し、地震被害の状況やその発生のメカニズムを調査し、災害マネジメントや被災後修復技術の必要性などに関する新たな問題も抽出し、研究に反映させた。特に、東日本大震災の調査研究については、東日本大震災の調査研究で得られた成果や関連する情報を発信するために、国際情報起点となる都市地震工学クリアリングハウスを迅速に立ち上げた。さらに、長周期地震動の予測と対策、住宅や都市基盤施設の液状化対策などの実践的研究にも取り組んだ。

国際的な研究活動としては、連携先である PEER との共同研究に加えて、台湾中央大学、英国ブリストル大学、トルコボガジチ大学、ペルー工科大学など海外研究機関との国際共同研究を毎年20件程度推進した。これらの研究成果を海外ジャーナルへの投稿、世界各国で開催される国際会議などで多数発表し（学術雑誌論文等約130件/年、国際会議発表約100件/年）、成果の発信に努めた。アジア巨大都市でのワークショップの開催やタイでの第3回アジア地震工学会議の共催などにより、アジア地域への研究成果の普及も図った。

今後これら研究活動を継続し、首都直下地震や南海トラフ巨大地震などで懸念される震災メカニズムの軽減に貢献していきたい。

時松研究室では、2011年東北地方太平洋沖地震の被害を踏まえて、地盤および地盤構造物系の挙動解明と被害軽減対策に関する以下の課題について、独自研究または国内外の研究機関との共同研究として推進した。

○ 激震時における地盤の非線形挙動の実測記録および遠心振動実験に基づく検討

平成19年新潟県中越沖地震、平成23年東北地方太平洋沖地震の強震記録に見られる応答特性が、液状化を含む地盤の非線形現象に依存することを、室内試験と数値解析から明らかにした。また、簡便な土の3次元構成則を組み込んだ非線形有効応力解析を開発し、その有効性を実測記録のシミュレーション解析から確認した。

○ 激震時における地盤構造物系の非線形挙動の実測記録および振動実験に基づく検討

地盤の液状化が木造建物と基礎被害に与えた影響を現地調査から明らかにし、液状化の程度と建物被害の経路式を示した。さらに、液状化による被害程度に与える余震の影響について、室内試験・実観測記録のシミュレーション解析などから明らかにした。また、直接基礎の根入れ、アスペクト比、上部構造の固有周期をパラメータとした遠心振動実験を行い、激震時の直接基礎のスウェイに伴う極限水平支持力特性とロッキングに伴う鉛直支持力特性ならびに建物応答加速度に極限が存在するメカニズムを明らかにした。

直接基礎建物と地盤との非線形相互作用に関しては、上部構造と地盤の固有周期の関係、入力地震動の卓越周期、基礎の根入れ、地盤の非線形性の程度などを变化させた既往の大型振動台実験結果、遠心振動実験結果から、基礎入力地震動の低減効果、群杭効果、慣性力と地盤変位の影響について検討した。さらに、被害を受けた杭基礎建物について、地盤特性と建物被害についての詳細調査と解析的検討から、その原因を究明した。

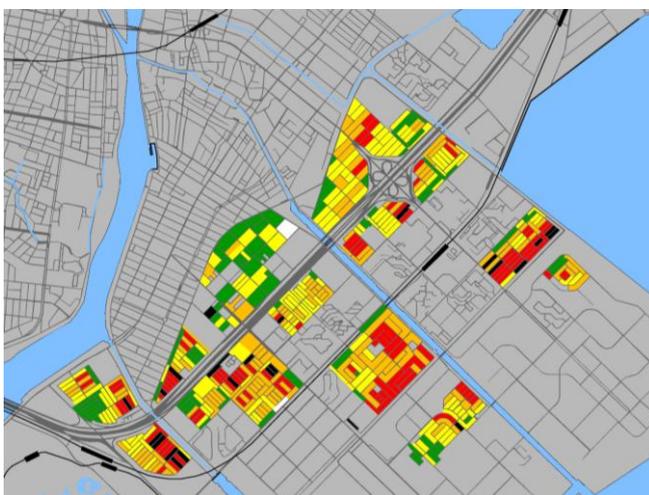
○ 基礎の高耐震化と木造住宅に適用可能な簡便な液状化対策法

既設木造住宅の液状化対策として、地下水水位低下工法と排水工法を併用する工法を提案し、各工法を単独または併用することで、液状化にともなう戸建て住宅の相対沈下、傾斜が抑制できることを遠心振動実験により確認し、その被害抑制効果を、転倒モーメントの釣り合いにより評価できる可能性を示した。また杭頭半剛接合工法の液状化地盤での実現の可能性について、遠心振動実験、数値解析などにより検討した。

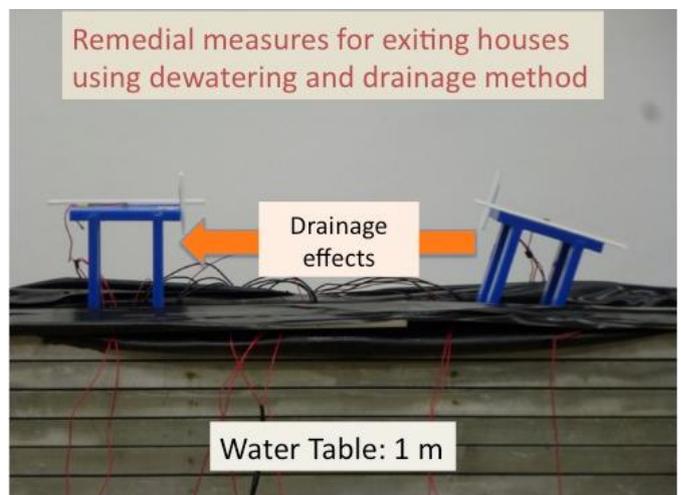
○ 上記の課題に関連して実施した主な国際共同研究

- U.S.G.S. Robert Kayen 博士：表面波探査から求められる地盤のS波速度構造の工学的利用法に関する研究
- California 大学 Los Angeles 校 Jonathan Stewart 教授：激震域の地盤の非線形応答に関する研究
- California 大学 Davis 校 Ross Boulanger 教授：側方流動地盤における杭基礎の耐震性能に関する研究
- 英国 Surrey 大学 Subhamoy Bhattacharya 教授：液状化地盤における杭基礎の座屈挙動の評価に関する研究
- Geotechnical Extreme Events Reconnaissance (GEER) Association (PI: California 大学 Davis 校 Ross Boulanger 教授)：東北地方太平洋沖地震における地盤災害の実態解明に関する調査研究

上記国際共同研究の多くは、両国の若手研究者の参画を得て実施したもので、その研究成果に加えて、学生・若手研究者の育成面でも大きな効果があり、今後も継続して実施したいと考えている。



浦安市における木造住宅の被害分布



併用工法による液状化対策の有効性に関する遠心振動実験

## 先端技術を利用した地震災害情報システムの開発

人間環境システム専攻(教授) 翠川三郎

大地震での被害を軽減するため、地震災害情報は基礎データとして重要である。そこで、様々な地震災害に関する情報を迅速かつわかりやすく利用者に提供できる地震災害情報システムの開発を 21 世紀 COE プログラムに引き続き本 GCOE プログラムでも続けてきた。

災害情報は、事前の予測情報と事後の情報に大別できる。事前の予測情報により、どのような災害がどの程度の規模で発生するのかを事前に認識でき、事前の対策を適切に立案し実行することが可能となる。そのため、国や自治体で地震被害想定が行われてきたが、これらの情報は行政のみならず一般市民が自ら防災行動を考えるためにも重要である。そこで、3次元 GIS システムを用いて市民にとってわかりやすい地震被害想定システムを作成した。

横浜市全域を対象として正確な地形や約80万棟の建物3次元モデルを配置したデジタルシティを構築した。想定地震に対する震度や液状化危険度などを地表の色やテクスチャーで表現した(図1)。さらに、建物被害について推定結果に応じて建物の色をつけて(図2)、デジタルシティを空中散歩しながら地域の地震危険度を実感することができるよう改良を加えた。

事後の災害情報については、適切な復旧・復興計画のため広域にわたる被害を迅速に把握することが重要である。そこで、高分解能人工衛星画像を利用して被害の分布を早期に把握する手法を開発した。一例として、2010年ハイチ地震(図3)の適用例を示す。地震前後の衛星画像をテクスチャー解析し、その変化によりでの倒壊建物の検出を行った(図4)。検出結果は実被害と概ね一致し、甚大な被害の発生場所や量を自動的かつ迅速に評価でき、災害直後の被害把握の自動化への道筋を示すことができた。

今後、これらを組み合わせながら、より総合的な地震災害情報システムに展開していきたい。

### 関連発表論文

- 1) 翠川・他：市民の防災意識啓発のためのデジタルシティを利用した3次元地震リスクマップ，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.201-202，2009.
- 2) 三浦・翠川：2010年ハイチ地震における被害地域検出のための高分解能衛星画像のテクスチャ解析，日本地震工学会論文集，Vol.12，No.6，pp.2-20，2012.
- 3) Miura, Midorikawa and Kerle: Detection of Building Damage Areas of the 2006 Central Java, Indonesia Earthquake through Digital Analysis of Optical Satellite Images, Earthquake Spectra, Vol.29, No.2, pp.453-473, 2013.

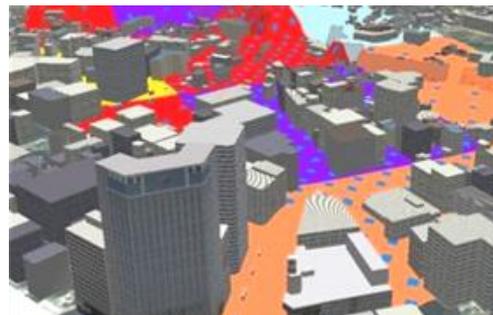


図1 震度・液状化危険度の3次元表示

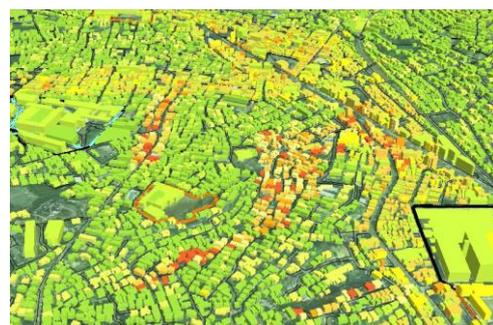


図2 建物被害分布の3次元表示



図3 ハイチ地震での建物被害

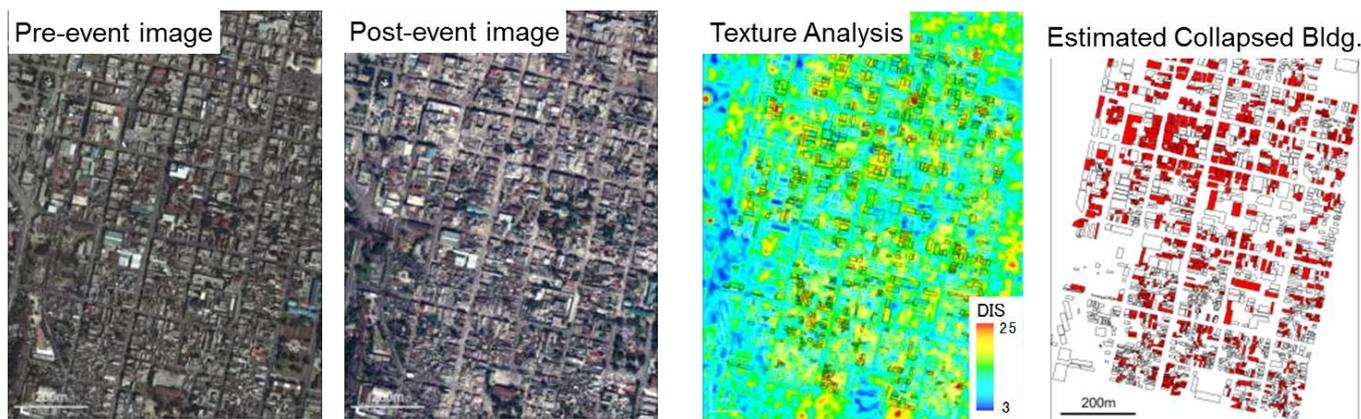


図4 地震前の衛星画像、地震後の衛星画像、テクスチャー解析結果 および 推定された倒壊建物分布

## 鋼繊維混入による鉄道ラーメン高架橋柱-はり接合部の鉄筋量削減効果

土木工学専攻(教授) 二羽淳一郎  
土木工学専攻(助教) 松本浩嗣

1995年の阪神大震災以降、耐震設計基準の改訂が行われ、コンクリート構造物に要求される鉄筋量が大幅に増加した。その結果、構造物の耐震性が向上した反面、過密配筋による悪影響が問題視されるようになった。特に鉄道ラーメン高架橋の柱-はり接合部は、柱部とはり部の鉄筋が交錯する部位であり、過密に配置された鉄筋によるコンクリート打込み時のワーカビリティの低下や充填不良等の問題が発生している。

コンクリートの練混ぜ時に鋼繊維を混入した鋼繊維補強コンクリート(SFRC)は、曲げ強度、せん断強度等の力学性能を向上させる効果がある。混和剤との併用により、鋼繊維はコンクリートのワーカビリティを低下させることなくその補強効果を発揮することが可能であり、鉄筋量削減のための手法として期待できる。

本研究では、鉄道ラーメン高架橋の柱-はり接合部を模擬した試験体の正負交番載荷試験によりその耐震性能を検討し、鋼繊維混入による鉄筋量削減効果を明らかにした。

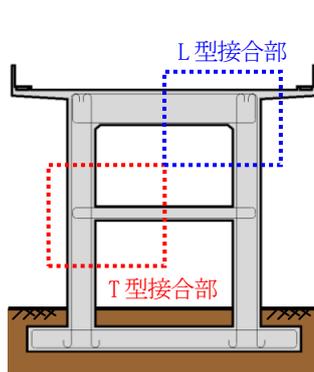


図1 検討対象(橋軸断面図)

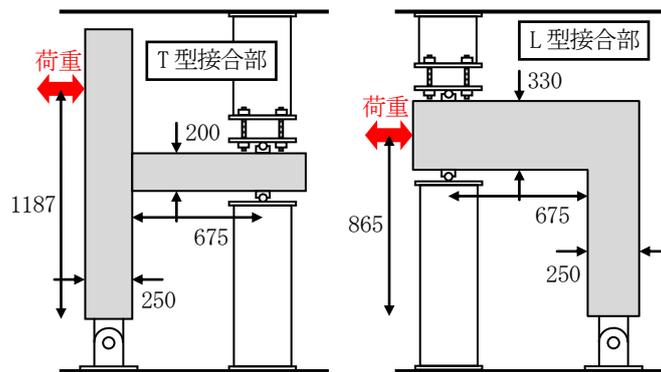


図2 試験体の寸法と載荷方法(単位: mm)



図3 使用した鋼繊維

対象とした接合部はT型およびL型であり(図1)、それぞれ鉄筋量と鋼繊維量を実験パラメータとして実構造物の1/6スケール試験体を作製し、正負交番載荷試験を行った(図2)。使用した鋼繊維は長さ30mm、径0.62mm、引張強度1050N/mm<sup>2</sup>、両端フック型であり(図3)、最大でコンクリート体積に対して1.5%を混入した。鋼繊維を混入した試験体の鉄筋量は、実構造物よりも全体で約30%削減した。これにより、コンクリート打込み時のワーカビリティが大幅に改善された。

図4に、実験で得た荷重-変位関係の一例を示す。T型・L型接合部ともに、鉄筋量削減後に鋼繊維を混入した試験体は、鉄筋量削減前(実構造物と同じ鉄筋量)の試験体と同等またはそれ以上の耐荷力および変形性能を保有することが確認された。

試験後の破壊状況を図5に示す。各試験体で接合部における塑性ヒンジの形成が確認されたが、鉄筋量削減後に鋼繊維を混入した試験体と鉄筋量削減前の試験体を比較すると、前者の方がT型接合部ではかぶりコンクリートの剥落が少なく、またL型接合部では補修・補強が困難な上層はりの塑性ヒンジが消失している。以上のように、鋼繊維の混入により、構造性能を低下させることなく鉄筋量を削減でき、地震発生後の復旧性の向上も期待できることが明らかになった。

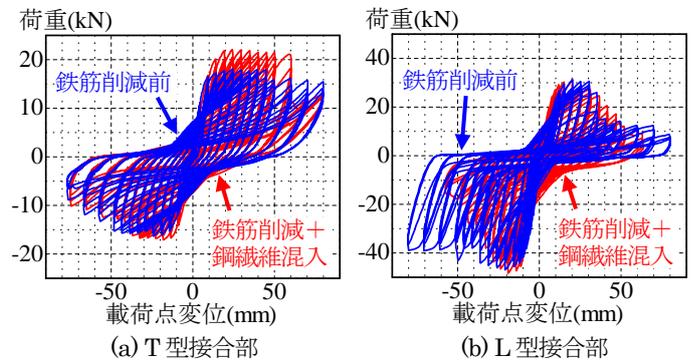
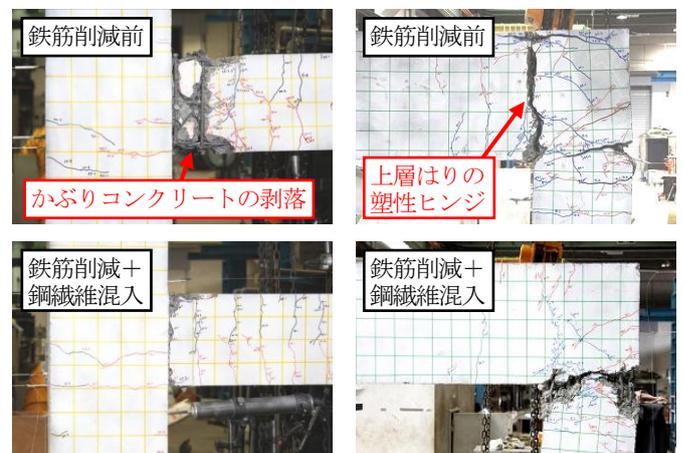


図4 荷重-変位関係



(a) T型接合部

(b) L型接合部

図5 試験終了後の破壊状況

# 建物地震被害を著しく軽減する先端構造の研究と開発

建築物理研究センター センター長・教授 笠井和彦

## 1. 東日本大震災や実大震動台実験による制振・免震建物応答分析と指針への反映

2011年3月11日に発生した東日本大震災での耐震・制振・免震建物多数（例えば図1）の観測記録の分析を行い、歴史が新しく現実的データが少なかった制振・免震構造の効果を明らかにした（図2, 図3）。また、世界最大規模の実大実験を行い、そのデータの分析にも取り組んでいる。観測記録に比べ非常に詳細な分析ができ、これも先端技術の効果検証に非常に有効である。これらの研究成果は、鉄骨架構、RC 架構および下記の木質架構の制振化の指針などへ反映させるとともに、寺子屋形式など多くの講習会で社会に還元した。

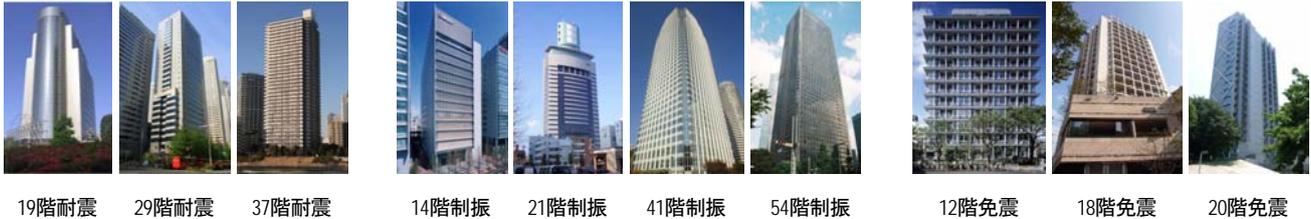


図1 分析した建物例（左から耐震建物、制振建物、免震建物）

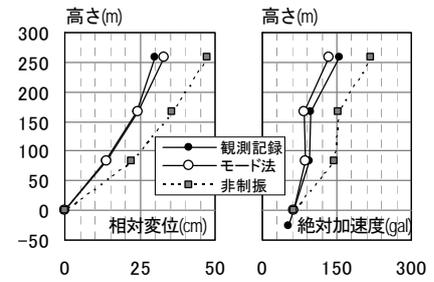
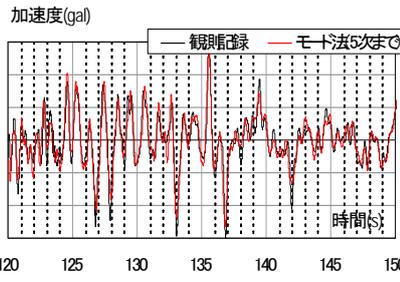
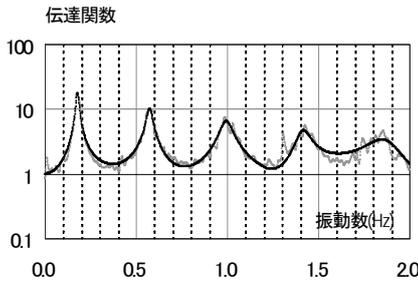
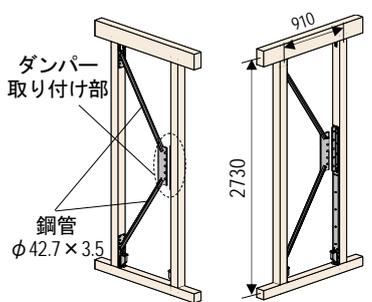


図2 伝達関数のカーブフィッティングとモード法による同定値の確認

図3 ダンパー有無による挙動の違い(最大値)

## 2. 木造住宅用高性能制振壁の開発

地震に強い都市の創成には、国民の大多数が生活の基盤とする戸建住宅の耐震性を向上させるべきである。そこで新旧戸建木造住宅の耐震性向上に向けた制振化の研究を行った。ダンパーの性能が優れても、それを支持する部材の接合部が、木材の柔らかさにより緩み、制振効果を失う事態になりかねない。これを極力避けた設計により、周辺架構も含めた「効く制振壁」を坂田教授と共同で開発した（図4）。粘弾性、鋼材、摩擦といった様々なダンパーに適用し、図5のように緩みがなく、荷重・変形関係が安定して地震エネルギーを良好に消散すると思われる。民間企業2社がこれらを実用化（図6）し、既に200棟超の施工実績がある。



このK プレース型制振壁のほか、合板パネル型、方杖型の制振壁がある

図4 開発した制振壁の概要

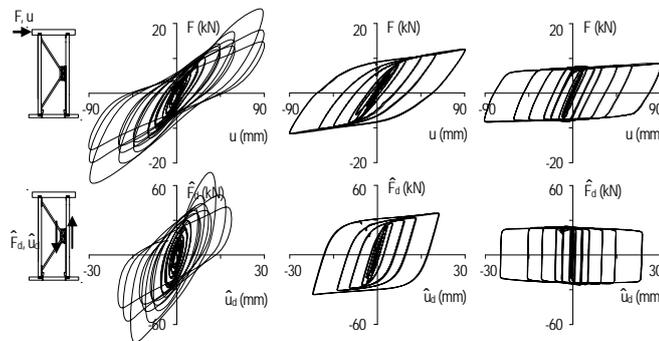


図5 開発した制振壁の性能確認試験結果

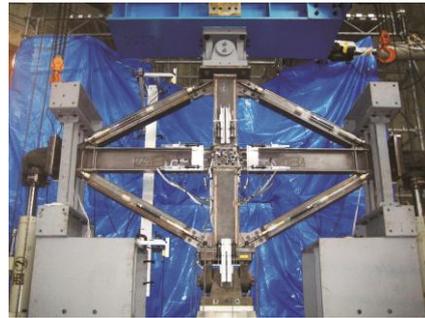
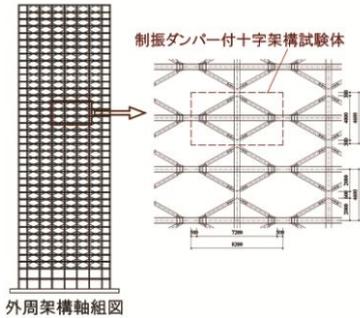


図6 商品化した制振壁の展示

1990年代に提唱され一般化した「損傷制御構造」の概念は阪神淡路大震災、東日本大震災を経験し首都直下型地震が予想されている中・大地震後の早期復旧、機能維持、BCPの観点からますます重要になってきている。竹内研究室では過去5年間にわたり、損傷制御構造の概念をより多様な構造形式・用途に展開するとともに高度化する研究を行い、さらにその成果を応用した構造物の設計に自ら関わり具現化してきた。以下に概要を述べる。

1)制振部材の性能向上と多様な構造形式への適用

現在世界で最も急速に普及が進む制振部材の一つである座屈拘束ブレースについて、累積変形性能、局部座屈安定性、全体機構安定性の観点から詳細な研究を展開し、学会諸指針に反映させるとともに国内外の学術論文での発表を行った。また、高層高張力鋼架構、空間構造、低層研究施設への損傷制御設計研究および実施適用を展開した。



高層高張力鋼架構の損傷制御構造研究



損傷制御設計を適用した低層環境エネルギー研究施設

2)既存不適格建物、被災建物への損傷制御設計の展開

制振部材を用いた既存不適格構造物の高性能耐震改修構法の開発研究を行い学内外の建築物に適用を行った。開発構法は数10件の建物に適用、既存不適格建物の改修事例として、イタリア、トルコ、中国等から視察、共同研究継続中。



統合ファサードエンジニアリングによる耐震改修



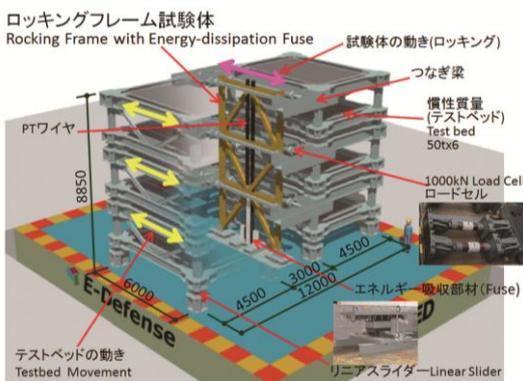
斜行ルーバー型制振ブレースの開発と適用



制振部材による電力鉄塔の耐震改修

3)より高度化した損傷制御システムの展開

損傷配分、セルフセンタリング機能を持つ制御型ロッキングフレームの実用化研究を日米共同で行い、大規模振動台実験による検証を行った。また、改良型ロッキングフレームの研究開発を継続し、学内の新研究棟の構造設計に適用中。



汎用慣性質量装置を用いた制御型ロッキングフレームの振動台実験 (日米共同研究)



学内の研究新棟への構法適用

活動成果として2009～2013年の間に出版した論文・書籍、受賞は以下のとおりである。  
 審査論文 37件 (うち海外ジャーナル7件)、国際会議発表 31件、学会指針・専門書籍 5件、受賞 6件 (日本建築学会賞(論文)1件、奨励賞 1件、作品選奨 3件、グッドデザイン賞 1件)

## 地盤震動に関する研究・教育活動

環境理工学創造専攻(教授) 山中浩明

山中研究室では、強震動地震学、地震工学、物理探査工学の3つの分野に関する研究と教育を推進している。以下に、その概要と主要な研究成果を述べる。

### ■地盤震動特性の評価に関する研究

首都圏や被害地震の被災地などで得られた強震記録の分析から地盤による増幅特性や地震動特性の空間分布を明らかにする研究を実施した。【津野靖士・山中浩明・他：2011年東北地方太平洋沖地震の本震記録と余震記録を用いた首都圏およびその周辺地域に於ける長周期地震動の特性、日本地震工学会論文集、12、102-116、2012】

### ■地盤のモデル化に関する研究

地震動評価のための地盤のモデル化を目的として、地震記録の分析や微動探査などから地盤のS波速度構造を明らかにした。また、地盤のS波速度構造探査のための新しいデータ解析方法の開発も実施した。【山中浩明・山田伸之：強震動評価のための関東平野の3次元S波速度構造モデルの構築、物理探査、549-560、59、2006；M. Takekoshi, and H. Yamanaka: Waveform inversion of shallow seismic refraction data using hybrid heuristic search method, Exploration Geophysics, 40, 99-104, 2009；地元孝輔・山中浩明：相互相関関数の振幅に着目した地震波干渉法のデータ処理に関する考察、物理探査、65、237-250、2012】

### ■地震動シミュレーションに関する研究

堆積平野の3次元モデルを用いて差分法による地震動シミュレーションを実施し、首都圏や被害地震の被災地域での強震動の空間的な分布を明らかにした。並列計算アルゴリズムによるプログラムを作成し、本学のスーパーコンピュータ TSUBAME を用いて周期1秒以下の地震動まで評価した。【Y. P. Dhakal・H. Yamanaka: An evaluation of 3-D velocity models of the Kanto basin for long-period ground motion simulations, Journal of Seismology, 10.1007/s10950-013-9373-4, 2013；新色隆二・山中浩明：表層地盤の3次元的影響を考慮した2003年宮城県北部地震の震源域における地震動のシミュレーション、物理探査、66、139-152、2013】

### ■地震観測の実施

本学すずかけ台キャンパス・大岡山キャンパス・田町キャンパス、学外5観測点（横浜-小田原の間）の地盤上および建物内において強震観測を実施した。また、東北地方太平洋沖地震や中越沖地震などの被害地震の際に被災地域において余震による強震観測を実施した。【H. Yamanaka・K Motoki・他：Observation of ground motions of aftershocks of the 2007 Noto Hanto earthquake in Monzenmachi, the Wajima city for estimation of site amplification, Earth Planets Space, 60, 1063-1067, 2008；元木健太郎・山中浩明：2007年中越沖地震の余震観測と微動探査による新潟県柏崎市における表層地盤の震動特性に関する研究、日本建築学会構造系論文集、648、309-315、2010】

### ■海外の研究機関との共同研究

フィリピン、インドネシア、中国、シンガポール、トルコ、シリア、ペルーなどの10カ国の研究機関と地盤や地震動に関する共同研究を実施した。とくに、バンドン工科大と南洋理工大には大学院生を短期留学生として派遣した。【H.E. Zaineh・H. Yamanaka: Estimation of shallow S-wave velocity structure in Damascus city, Syria, using microtremor, Soil Dyn. and Earthq. Eng., 39, 88-99, 2012；R. Grutas・H. Yamanaka: Shallow shear-wave velocity profiles and site response characteristics from microtremor array measurements in Metro Manila, Exploration Geophysics, 43, 255-266, 2012】

### ■教育および社会貢献

9名の博士課程大学院生が本プロジェクトの支援を受け、2012年度末までに5名が博士号を取得した。そのうち、3名が関連学会の奨励賞を受賞した。【鈴木晴彦：2011年度物理探査学会・奨励賞、佐藤浩章：2012年度日本建築学会・奨励賞、地元孝輔：2012年度物理探査学会・奨励賞】

毎年実施された一般向けの都市地震工学セミナーにおいて「地震の揺れ」に関する講演を担当した。編著者として東大出版会から「地震の揺れを科学する（2006）」を出版した。



能登半島沖地震の調査



インドネシアでの調査



シリアでの調査

はじめに

地震災害の低減や地震で被災した地盤の復旧・補強として、土にセメントなどを攪拌・混合したセメント改良土工法がますます注目されている。改良地盤と構造物の安定性照査を合理的に行なうためには、セメント改良地盤の破壊挙動を明らかにすることは非常に重要である。そこで本研究では、セメント改良地盤の破壊現象を遠心模型実験と解析で検討した。実験では、非常にシンプルな地盤を対象に、一軸圧縮強さをパラメータとして改良地盤の破壊挙動について検討した。一方解析では、大変形問題を解くことが可能な粒子法の一つである SPH 法を用いて解析を行い、実験結果と比較検討した。その際改良地盤の引張破壊を再現するため、DEM 法を併用したプログラムを用いて解析を行い、その妥当性を検討した。

模型実験

模型地盤は、試料容器内にカオリン粘土スラリーとセメントを十分に練り混ぜたセメント改良土を投入し、鉛直斜面を持つセメント地盤を作製した。一定期間養生後、作製された模型地盤を遠心装置に搭載し、一定の速度で遠心加速度を上昇させ、模型地盤を破壊させた。遠心加速度と変位の関係から、載荷初期では遠心加速度が増加してもほとんど鉛直変位は生じないが、遠心加速度が約 45G に到達すると、急速に変位が生じた。ここで地盤の破壊時の遠心加速度 ( $G_f$ ) として、変位が急増する時点と考え、46.5G を得た。次に、模型地盤の破壊挙動を図-1 に示したが、模型地盤の底部から一定の角度を持った直線的なすべり線及び鉛直のひび割れが観察された。

数値解析

粒子法は、連続体を有限個の粒子によって表し、連続体の挙動を粒子の運動によって計算する方法である。本研究では、降伏条件を Drucker-Prager 規準とし、引張り破壊を表現するために、最小主応力が限界最小主応力まで低下した粒子に対して DEM 法を採用し、粒子間のつながりを切断させた。図-2 に、模型地盤の一軸圧縮強さ  $q_u$  に対して、各ケースにおける正規化された限界高さ  $\gamma HG_f / q_u$  をプロットした。これらの結果より、Coulomb の土圧理論による解析法は破壊時の遠心加速度を過大評価していることや、引張り破壊を導入した解析結果が実験結果とおおよそ一致することが分かった。

結論

- 1) 遠心模型実験より鉛直斜面を有するセメント改良地盤は、引張りひび割れとせん断すべりが組み合わさった破壊が生じた。
- 2) Coulomb の土圧理論はセメント改良地盤の破壊時の遠心加速度を過大評価していると考えられ、一軸圧縮強さが高くなるほど過大評価する程度が大きいことが分かった。
- 3) 引張り破壊を考慮した SPH 法による解析は、引張り破壊の大きさには検討が必要であるが、引張り破壊の位置や規準の正規化された限界高さは実験結果とおおよそ一致した。



図-1 模型地盤の破壊状況

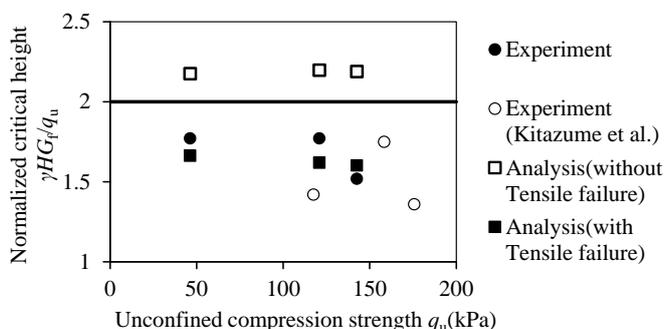


図-2 正規化された限界高さの一軸圧縮強さの関係

## 5年間の研究活動報告

建築学専攻(教授) 小河 利行, 明治大学(専任講師) 熊谷 知彦

本 GCOE での 5 年間の活動では、国際的な人材を育成するという目的のもと、若手教員や博士課程学生の国際会議への参加、研究活動などにおいて多くの支援をしていただいた。中でも、研究活動に関しては GCOE での活動無くしては実現できなかったものも多くある。本報告では、GCOE での 5 年間の研究活動について報告させていただきたい。

我々のグループは、シェル・空間構造物を対象に、大地震時にも健全性を保ち、避難施設や防災拠点として使用可能な構造の実現を目指して研究を行ってきた。以下のような研究がこの 5 年間の研究成果として挙げられる。

- ・下部構造との連成を考慮した空間構造物の地震応答実験(写真1): この研究では、学校体育館等の屋根として使用されることの多い屋根型円筒ラチスシェルを対象として、下部構造の剛性や質量の違いが屋根構造の地震応答性状に与える影響について縮小模型を用いた振動台実験により分析した。さらに、実挙動と既往の評価式の関係を明らかにした。

- ・二方向入力を受ける空間構造物の地震応答実験(写真2): この研究では、円形平面の単層ラチスドームを対象に多方向入力に対する地震応答性状を振動台実験により分析した。この研究により、それまで行われてこなかった多方向入力に対する実挙動が明らかとなり、また、応答加速度評価手法が提案された。

- ・耐震性の向上を目指した空間構造物の静的座屈性状の解明および耐力評価(写真3): この研究は、静的弾塑性座屈性状を分析することで、耐震性の向上を目指した研究である。対象は HP ラチスシェルである。ここでは、静的弾塑性解析、理論解析、構造実験を組み合わせることで座屈性状の解明、耐力評価を行った。

- ・多重動吸振器による空間構造物の地震応答制御: この研究は、制振デバイスとして TMD を採用し、パッシブに地震時の応答制御を行うことを目的としたものである。対象としたのは屋根型円筒ラチスシェルであり、シェル屋根面に複数個の TMD を設置することで複雑なモード形を有する空間構造物の地震応答低減を実現した。

- ・アクティブ制御による空間構造物の地震応答制御: この研究では、アクティブ制御を利用することで地震応答の低減を試みた。対象構造物はアーチ構造物であり、システムの構築を行った上で、数値解析による有効性の確認、振動台実験による実挙動での制御効果を確認した。

一例ではあるが、以上のような研究を GCOE の支援を受けて行ってきた。これらの中で構造実験、振動台実験による研究では、本来バーチャルリアリティの分野で用いられてきた三次元モーションキャプチャーシステム(写真3)を変位や加速度の計測のために導入した。この計測方法の導入により、多点同時高速計測が非接触で可能となった。この計測方法は、節点数が多く、複雑かつ多くの振動モードが励起されるシェル・空間構造物にとっては、非常に有用な方法であった。この計測方法の確立は、GCOE の活動における大きな成果の一つであると言える。また、以上の研究成果は、海外短期研修による支援をいただき、以上の研究成果を国際シェル空間構造学会(IASS)の国際会議において発表している。

最後になりますが、5年間に渡り活動を支えてくださいました関係者の方々に深く感謝致します。

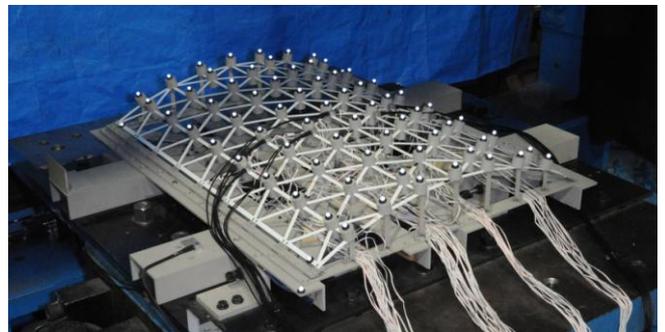


写真1 屋根型円筒ラチスシェルの振動実験

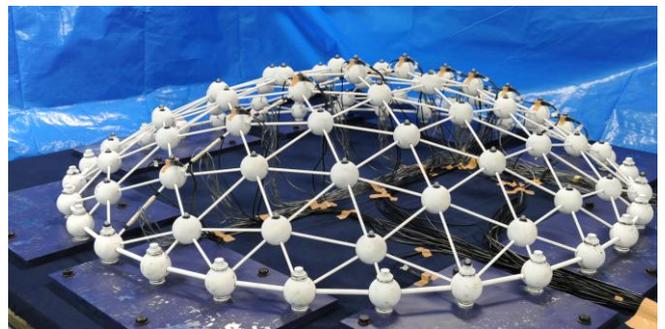


写真2 単層ラチスドームの振動実験



写真3 モーションキャプチャーシステムによる計測(HP ラチスシェルの座屈実験)

1. 境界要素法を用いた異方性飽和多孔質弾性体に対する波動伝播・散乱シミュレーション

水で飽和した地盤・岩盤中を伝播する地震動の伝播・散乱を想定し、異方性飽和多孔質弾性体の2次元面内波動問題に対する数値解析手法の開発を行った。地盤・岩盤はBiotによって提案された異方性飽和多孔質弾性体モデルを用い、解析手法は演算子積分時間領域境界要素法を用いた。

地盤・岩盤を伝播する地震動は材料異方性、多孔質構造および間隙流体の影響を受ける。そのため、地盤・岩盤は固体と液体で構成される二相体と考えることができる。一般に、このような媒質は、異方性飽和多孔質弾性体と呼ばれ、その力学モデルはBiotによって提案されている。Biotによる異方性飽和多孔質弾性体中では、偏向した2種類の縦波(qP1,qP2波)と2種類の横波(qS1,qS2波)の合計4種類の位相速度の異なる波動が存在し、これらの波動は流体の粘性によるエネルギー散逸を生じることが知られている。

境界要素法は、波動解析に有効な数値解析手法として知られる。飽和多孔質弾性体に対する境界要素法は、これまでいくつかの適用例が報告されており、その多くは、Biotの飽和多孔質弾性体モデルを用いている。しかし、Biotの飽和多孔質弾性体モデルでは、周波数に依存した分散・散逸性を有する波動を取り扱うため、時間領域での基本解の表現が困難となる。そのため、境界要素法の適用例の多くは周波数領域の解析であり、時間領域の解析例はほとんど報告されていない。演算子積分時間領域境界要素法は、時間領域境界積分方程式に含まれる畳み込み積分の計算に、演算子積分法を用いた新しい時間領域境界要素法である。この解析手法の最大の特徴に、時間領域解法でありながら、ラプラス像空間における基本解を用いる点がある。そのため、この解析手法を用いれば、時間領域基本解が求まらない問題に対しても、時間領域の解析が可能となる。なお、境界要素法では対象とする媒質および物理現象に対応する基本解が必要となる。異方性飽和多孔質弾性体の波動問題では、これに対応する基本解に関する報告例がほとんど存在しないため、本研究ではこれを独自に導出し、解析に用いた。

図1に異方性飽和多孔質弾性体中の空洞による入射波の散乱問題の解析結果を示す。本研究では間隙流体の粘性を考慮した場合とゼロと仮定した場合の解析結果の比較を行った。これらの結果から、間隙流体の粘性は、媒質中を伝播する4種類の波動のうち、特に遅い縦波(qP2波)の伝播・散乱に強い影響を与えることが確認された。これは、qP2波が他の3種類の波動と異なり、間隙流体の移動を伴う波動であることが原因であると考えられる。

Furukawa, A., Chikazawa, F., Saitoh, T. and Hirose, S.: 2-D wave analyses for fluid-saturated porous solids using convolution quadrature boundary element method, 10CUEE, CD-ROM 収録, 2013.

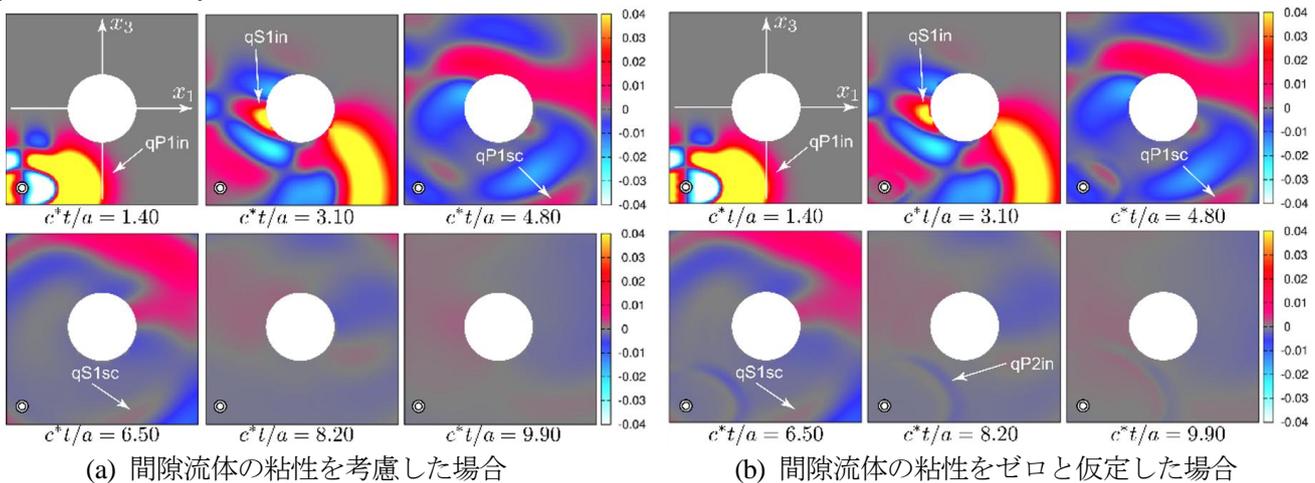


図1 空洞周辺の変位場の時間変化(砂岩)

2. 高速多重極法を用いた演算子積分時間領域境界要素法の高速化

地震動シミュレーションでは大規模波動問題を取り扱うことも多いため、高速多重極法を演算子積分時間領域境界要素法に適用し、計算時間の短縮および記憶容量の軽減に関する検討を行った。この結果から、高速多重極法を適用することで、演算子積分時間領域境界要素法による大規模波動解析が可能となることが確認された。

例えば、Hirose, S. and Saitoh, T.: Parallelized fast multipole BEM for seismic analysis in time-domain, 7CUEE & 5ICEE, pp.1537-1542, 2010.

## 環境心理・行動学的アプローチによる災害軽減のための教育・研究への取り組み

人間環境システム専攻（教授） 大野隆造

大野研究室では構築環境（built environment）とそこでの人間心理・行動との相互作用について、さまざまな状況や人間属性について研究を行ってきた。21世紀COEプログラムに参加して以降、主に地震などの自然災害の軽減に向けた教育および研究に取り組んできた。その成果の一部を以下に記す。

### 1) 防災教育を支援する装置の開発

●防災教育のためのポータブルVRシステムの開発およびそれを用いた防災教育の実施:大型3面スクリーンに映像を投影する没入型VR装置を小学校や市民向け防災イベント会場に設置し、地震および津波災害についての実写映像およびCG映像による防災教育を行い、その効果についての研究を行った。

Jaeho Ryu, Naoki Hashimoto, Makoto Sato, Masashi Soeda, Ryuzo Ohno: Application of Human-scale Immersive VR System for Environmental Design Assessment - A Proposal for an Architectural Design Evaluation Tool, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 6, No. 1, pp. 57-64, May. 2007.

### 2) 災害軽減のための環境心理・行動研究

●都市の震災脆弱性に関する研究:日本とは想定される地震による被害の様相が異なる中国の大都市の住宅地を対象に、その脆弱性を評価する方法を開発した。

Xue Ma, Ryuzo Ohno: Earthquake Resistant Residential Neighborhood in China: Examination of vulnerability in outdoor spaces, Asian Journal of Environment-Behaviour Studies, Volume 4, Number 11, pp. 1-9, Jan. 2013.

Xue Ma, Ryuzo Ohno. Development of a Method to Measure Outdoor Space Using an AutoCAD Application, 日本建築学会技術報告集, Number 43, pp. 1085-1089, 2013, 10.

●震災後の住居・コミュニティの再建・復興に関する研究:2006年ジャワ島中部地震後の住宅再建について現地調査を行い、地域の生活文化に根差したライフスタイルと住空間の構成の適合性が重要であることを論じた。

Rachma M. Syam, Ryuzo Ohno: Residents' Usage of, Adjustment to, and Evaluation of Donated Post-Disaster Housing, Vulnerability, Risks, and Complexity: Impacts of Global Change on Human Habitats, Hogrefe, pp. 67-78, 2012.

Rachma M. Syam, Ryuzo Ohno. Importance of Social Space in Self-built and Donated Post Disaster Housing after Java Earthquake 2006, Asian Journal of Environment-Behaviour Studies, Volume 3, Number 7, pp. 25-34, Jan. 2012.

●地震・津波発生時の避難行動に関する研究:2011年3月の東北地方太平洋沖地震前の沿岸住民の意識と、発生時の行動の分析を通して、環境行動論的な立場から防災計画について論じた。

諫川輝之, 村尾修, 大野隆造. 津波発生時における沿岸地域住民の行動—千葉県御宿町における東北地方太平洋沖地震前後のアンケート調査から—, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 77, No. 681, pp. 2525-2532, 2012.11.

### 3) 防災に向けた啓蒙活動

●防災意識の啓蒙活動と関連著書の出版:上記のポータブルVRシステムを用いた活動に加えて、放送大学の「暮らしの防犯と防災」と題するテレビ講座で防災分野を担当し、また本学大学院において主に留学生に対して“Environmental Hazard and Human Behavior”と題する講義を行うとともに、以下の著書の編集・執筆を行った。

清永 賢二, 大野隆造. 『暮らしの防犯と防災』, 放送大学教育振興会, 2006. 5.

大野隆造, 瀬尾和, 藤井聡, 青木義次, 大佛俊泰. 『地震と人間』, 朝倉書店, 2007. 3.

大野隆造, 小林美紀. 『安全で心地よい環境をつくる 人間都市学』, 井上書院, 2011, 9.

●海外への災害研究の発信:環境行動研究の最も権威のある学会EDRA(Environmental Design Research Association)において防災に関するシンポジウム“Safe and restorative placemaking: Before- and aftermeasures for disaster mitigation”(2012)およびワークショップ“Towards safe and resilient society against natural disaster”(2013)を企画・開催し、環境心理・行動学からの災害研究の国際的な議論の場を作るとともに、わが国で蓄積された研究成果を発信した。



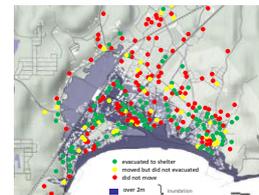
Disaster education



Evaluation of vulnerability



Post-Disaster Housing



Residents' behavior at tsunami

## 地震動予測のための理論および技術開発と教育活動

人間環境システム専攻(教授) 盛川 仁

地震による被害を軽減するためにはある特定の場所における地震動がどのようなものであるかを予測することが重要である。地震動予測のための確率論的手法および物理探査手法を用いた効率のよい地盤構造探査技術の開発を進めてきた。また、地震防災にかかわる国内外向けの教育活動にも取り組んできた。以下、括弧内の参考文献はいずれも *Proc. Int'l Conf. on Urban Earthquake Engineering (CUEE)* である。

### 1) 地盤構造推定のための地震観測および新しい物理探査手法の構築

微動探査や重力探査はあまり大きなコストをかけずに地盤構造を推定可能な手法である。よりよい精度、より高い効率で地盤構造を推定しうる観測手法および解析手法の開発を行った。具体的には、新しい時間-周波数解析理論の応用による位相速度の推定法(2nd CUEE, 2005, pp. 247-254)、微動と重力異常の同時解析による推定結果の精度向上(3rd CUEE, 2006, pp. 609-616)、微動探査法の精度向上(7th CUEE, 2010, pp. 125-131; 10th CUEE, 2013, pp. 261-266)、広大なダイナミックレンジを有するデータロガーの開発(8th CUEE, 2011, pp. 109-113)などである。これらの手法を実際のフィールドに適用して地震による被災地において地盤構造の推定を行い被害発生の要因について検討を行った(2008年岩手・宮城内陸地による栗駒地域, 7th CUEE, 2010, pp. 137-140; 2011年東北地方太平洋沖地震による古川地域, 10th CUEE, 2013, pp. 257-260)。

さらに、国立中央大学(台湾)との国際的な共同研究を行い、台湾において工業的・経済的に重要な都市である新竹市における地盤構造の推定と地震動予測を行った(4th CUEE, 2007, pp. 227-230; 5th CUEE, 2008, pp. 89-94; 6th CUEE, 2009, pp. 79-82)。2011年東北地方太平洋沖地震によって被災した宮城県大崎市古川に世界に類のない超高密度地震観測網を構築し、2011年より連続観測を行って地震動の空間変動特性を明らかにしている(9th CUEE, 2012, pp. 197-200)。

### 2) 地震動の確率論的予測手法

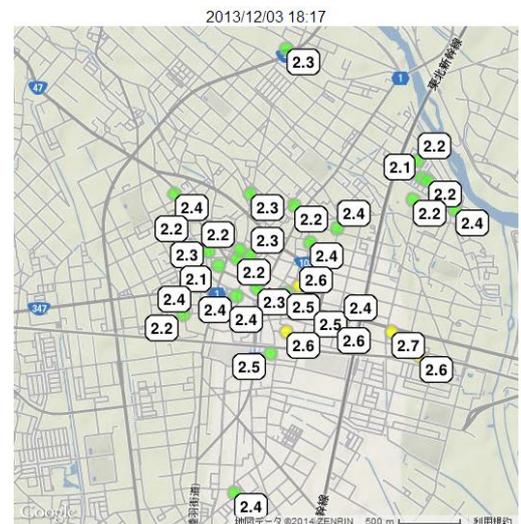
起こりうるすべての地震の発生確率を考慮した構造物の地震リスク評価方法を開発するとともに(3rd CUEE, 2006, pp. 183-190)、非定常過程の入力を受ける構造物の応答の確率論的特性を数学的近似に基づいて推定する手法を示した(1st CUEE, 2004, pp. 279-286)。なお、前者の地震リスク評価手法は手法の独自性と社会的重要性が評価されて、平成21年に土木学会論文賞を受賞した。

### 3) 地震防災のための教育・啓蒙活動

2004年スマトラ沖地震津波を契機として地震および津波に関する講義をアジアの大学で勉強している学生に提供するため、2005年よりインターネットを用いた遠隔講義を開始した(4th CUEE, 2007, pp. 967-970)。当初はチュラロンコン大学(タイ)へ講義配信し、その後、配信先大学は国立中央大学(台湾)、マレーシアサイエンス大学(マレーシア)、東南大学(中国)へと広がった。東京工業大学および国立中央大学では単位認定される正規の科目として、その他の大学では担当者の講義の一部として活用されている。この遠隔講義は海外の大学と共同して行う活動の新しい形態として国内他大学からも注目され、他大学でも同様の活動が行われるようになった(たとえば広島大学)。また、国立中央大学(台湾)からは世界的に著名な研究者による講義を東京工業大学へ向けて正規科目としてインターネット配信も行った。

大学院の学生に地震防災のための教育プログラムおよび教材の開発を行わせる「地震防災教育プロジェクト演習」という科目を新たに設置した。この演習科目を通して教育効果の測定に基づく定量的な議論から防災教育のための教材のあり方についての新たな知見を得た。さらに、この演習科目も含む関連する講義での利用も念頭において専門書を出版した(上田ほか：都市震災マネジメント、シリーズ都市地震工学8、朝倉書店、2008；時松ほか：地震・津波ハザードの評価、シリーズ都市地震工学2、朝倉書店、2010)。

研究成果の社会への還元および地震防災に対する市民の意識向上を企図して過去の地震のメモリアルイベント(1909年姉川地震の記念シンポジウム、2009)、古川超高密度地震観測網の成果報告会(2012)などを地元自治体と共同して企画、運営した。



図：古川超高密度地震観測網で観測された地震動の震度分布の例

事業推進者として加わった平成 21 年（2009 年）以降に実施してきた、地盤構造物の耐震性評価・向上に関する研究の成果の一部をここで紹介する。

**複雑な層構成地盤の液状化に関する研究**

地盤の土層構成が複雑な地盤上にある堤防を対象として、特に不連続な難透水層の存在が、地震時の堤防の変形・破壊を引き起こすような地盤の液状化とそれに伴う変形に与える影響を明らかにすることを目的とした実験的研究を行った結果、不連続な難透水層の存在による過剰間隙水圧消散の遅延が、不等沈下に与える影響が大きいことが明らかとなった。

Maharjan, M. & Takahashi, A., Centrifuge model tests on liquefaction-induced settlement and pore water migration in non-homogeneous soil deposits, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 55, 161-169, 2013.

**浸透対策としてのドレーン工の堤体液状化抑制効果に関する研究**

東日本大震災においては、堤体の液状化が原因となっていた堤防被害事例が多くみられたが、川裏側の法尻に布団籠等の浸透対策としてのドレーン工が設置されている場合、これによる堤体内の水位低下等により、堤体液状化耐震対策として有効であったと考えられる事例が報告されている。これを検証するための解析的研究を行った結果、ドレーン工の常時の水位低下以外の堤防の耐震性向上効果は限定的であることが明らかとなった。

Takahashi, A., Effects of horizontal drainage layer for seepage control on mitigation of liquefaction of levee body, *J. Disaster Research*, Vol.7, No.6, 733-738, 2012.

**斜面上杭基礎の地震時応答特性に関する研究**

斜面中に存在する杭基礎構造物に着目し、複雑な荷重条件下における鋼管杭基礎の地震時応答特性、特に、大規模地震時の斜面の安定性（すべり安全率、累積変形量）と鋼管杭基礎の累積応答特性（断面力、ひずみ）の関係について明らかにすることを目的として実験的研究を行った。

Takahashi, A. & Matayoshi, S., On the seismic behaviour of pile foundation in sliding slope, *Proc. 9th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo, Japan*, 565-568, 2012.

Takahashi, A. & Yamazaki, T., Seismic Response of Pile Foundation in Sloping Ground, *Proc. 8th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo, Japan*, 355-358, 2011.

**内部浸食による土の劣化（強度低下）に関する研究**

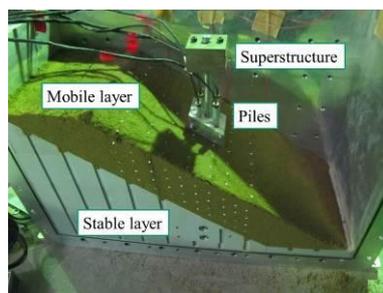
山岳地に建設される谷埋め道路盛土等は、常に浸透流の影響を受けている。浸透流に長期間さらされた盛土からは内部浸食により細粒分が流出するため、土の強度は建設時と比べて低下していると考えられる。このような水の浸透に伴う内部浸食が盛土の耐震性低下に与える影響を明らかにすることを目的として、砂質土の浸透浸食試験と浸食された土のせん断試験を実施した。土の応力状態を保ったまま浸透浸食試験とせん断試験を連続的に実施できる試験装置を開発した上で、内部浸食後の砂質土の排水・非排水せん断特性について明らかにした。

Ke, L. & Takahashi, A., Triaxial erosion test for evaluation of mechanical consequences of internal erosion, *ASTM Geotechnical Testing J.*, Vol. 37, No. 2, 2014 (in print.)

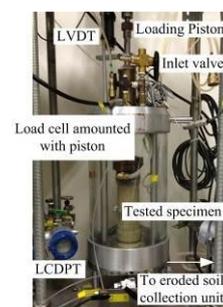
Ke, L. & Takahashi, A., Strength reduction of cohesionless soil due to internal erosion induced by one-dimensional upward seepage flow, *Soils and Foundations*, Vol.52, No.4, 698-711, 2012.



液状化による模型堤防変形



模型斜面と杭基礎構造物



浸透浸食・せん断試験装置

大地震発生後における人間行動（各種施設内待機、徒歩帰宅、広域避難など）について検討し、地域防災計画に資する基礎的情報の提供を試みた。21世紀COEプログラムでは、各種シミュレーション分析の基礎となる、都市内滞留者・移動者の時空間分布を推定する方法について検討した。また、グローバルCOEプログラムでは、これを原データとして、大地震発生後における都市内滞留者・移動者の人間行動について検討し、首都直下大地震を想定した減災計画に資する基礎的知見を得た。さらに、災害に強い防災まちづくりに資する基礎情報を得るため、建築物の不燃化・耐震化の進捗スピードや敷地性状の動態解明を試みた。以上の研究成果は、学術論文での発表に限らず、地域住民の防災意識の醸成と防災対策の啓蒙を図るために、一般市民向けのセミナーや各種マスメディアを通じて広く社会に公表し、社会還元を行った。主な活動内容は以下の通りである。

### 1) 都市内滞留者・移動者の時空間分布推定に関する研究

大都市圏においては、交通網の高度化を背景として人々の空間移動が活性化しており、国勢調査等に基づくスタティックな人口分布をもとにした従来までの議論には限界がある。そこで、大地震を想定した各種被害想定および地域防災計画の基礎となる基盤データを構築した。具体的には、大都市圏パーソントリップ調査のデータを活用して「どのような人(性別・年齢)が、いつ(時刻)、どこで(場所・施設)、何を(目的)しているのか」という都市内滞留者・移動者のミクロな時空間分布を記述するモデルを構築し、各種施設内外滞留者、鉄道利用者、自動車利用者の時空間分布に関するデータベースを構築した。また、平日ベースのパーソントリップ調査データを休日ベースに変換する方法を開発し、休日における都市内滞留者・移動者の時空間分布データベースを構築した。

### 2) 首都直下大地震を想定した徒歩帰宅・帰宅困難・広域避難・通勤困難に関する研究

都市内滞留者・移動者の時空間分布データベースを活用して、首都直下大地震の発生を想定した各種シミュレーション分析を試みた。まず、帰宅困難者および徒歩帰宅者の時空間分布を推定するモデルを構築し、東日本大震災時に首都圏で発生した状況の検証を行った。次に、物的被害を記述する「環境情報シミュレータ」と人間行動を記述する「人間行動シミュレータ」を構築し、これらを連動させることで大地震発生時における広域避難の様相について分析した。また、高齢者福祉施設を対象として、災害時要援護者の広域避難における課題について検討した。さらに、大規模鉄道駅周辺地域における人々の移動軌跡を推定し、これを可視化するための「歩行者流動モデル」を構築した。さらに、大地震発生後の公共交通機関が麻痺した状況下における就業者の通勤意思と通勤経路を記述する「通勤意思モデル」と「通勤可能性モデル」を構築し、これを用いて就業者の通勤可能性について分析した。

### 3) 防災まちづくりを見据えた市街地変容に関する研究

避難安全性や延焼の危険性と関連の深い敷地の大きさについて検討した。具体的には、敷地が分割・統合されるメカニズムをモデル化し、敷地の細分化を抑制するための方法やその効果について検討した。また、防災まちづくりについて検討する上で重要となる、建築物の不燃化・耐震化の進捗スピードに、現存する各種の規制・誘導がどのように影響を及ぼし得るのかについて検討した。具体的には、建築物の除却・残存確率を記述するモデルを構築し、これを用いて建築物の不燃化・耐震化を促進するための方策について検討した。

### 4) 防災関連の研究をととしての学生の育成

防災研究の重要性や難しさを広く修学させるとともに、研究活動を通じてどのような社会貢献が可能であるかを考えさせることで、学部生・大学院生の指導・育成を行った。学生諸子の熱心な研究活動は、学内外において高く評価され、各種学会での優秀論文賞（日本建築学会、地理情報システム学会、都市住宅学会など計16件）、学内での優秀学生賞（工学部、情報環境学専攻、建築学科同窓会など計12件）など、多くの受賞実績を残した。

### 5) 講演・セミナー・マスメディアによる研究成果の発信と防災意識の醸成

研究成果の内容は、民間企業主催の講演会（2件）、学会主催のシンポジウム（2件）、他学・本学主催の講演会（2件）、CUEE主催のセミナー（6件）などで講演し、防災意識の醸成を図ると同時に、一般市民、自治体防災関係者、防災研究者などへの啓蒙活動を行った。さらに、研究成果の一部は、新聞記事（6件）、NHK特別番組・ニュース（6件）、民放特別番組・ニュース（9件）、インターネット記事（3件）などで掲載・放映され、マスメディアをとおして社会還元を行った。

# 鉄骨造建物に関する耐震研究と東日本大震災での文教施設に関する被害調査・分析

建築物理研究センター(准教授) 山田 哲

都市工学センターにおいては、鉄骨造建築を対象にした耐震研究を行ってきた。その中で、地震応答のようなランダムな繰り返し履歴のもとでの梁端接合部の変形能力評価や、水平2方向繰り返し曲げを受ける柱の履歴挙動ならびに塑性変形能力の評価などで研究成果を挙げることができ、鉄骨造建物の耐震研究を大きく進めることができた。成果の一部である、任意の载荷履歴のもとでの梁端接合部の履歴挙動ならびに梁端部フランジにおける歪履歴の解析結果の例を図1に示す。図中、青線が解析結果、黒線が実験結果である。

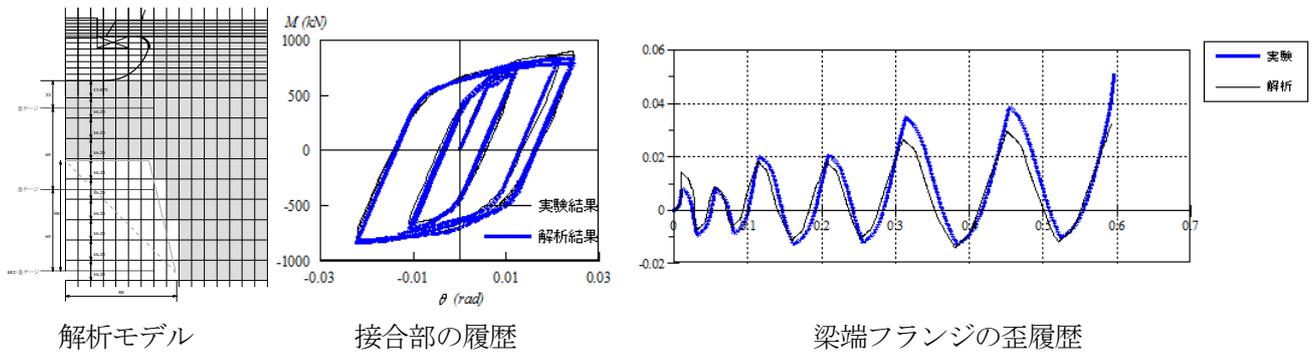


図1 梁端接合部の解析

また、2011年に発生した東日本大震災では、学校体育館を中心とする鉄骨造文教施設の被害調査ならびに分析を行い、図2に示す東日本全域にわたる学校体育館の被害分布や、新耐震で建てられた学校体育館であっても、写真1,2に示すように、鉄骨造による屋根架構と鉄筋コンクリート造の接合部や柱脚部で大きな被害が発生していることや、写真3に示すように非構造部材に大きな被害が発生していることなどを調査し、その後の分析を踏まえ、今後の対策に取り組んでいる。

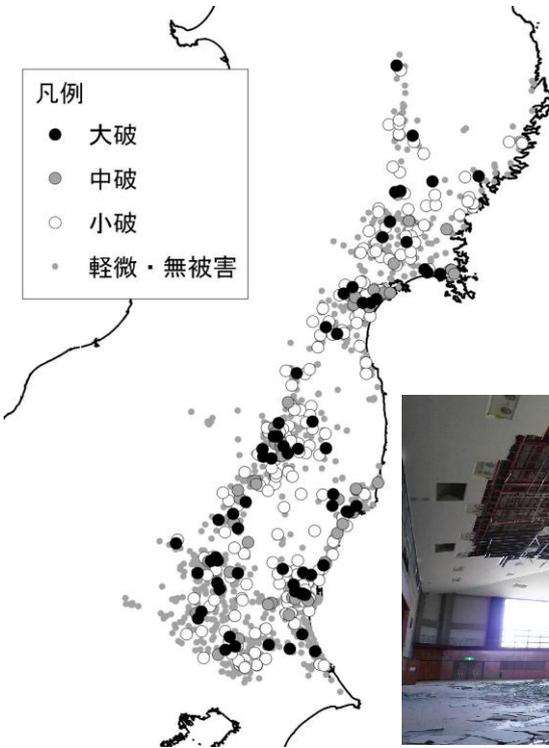


図2 学校体育館の被害分布



写真1 定着部の破壊



写真3 非構造部材(天井)の被害

写真2 柱脚部の破壊

地震時において種々の外力を受ける地盤構造物の挙動シミュレーションのための遠心模型（物理模型）実験手法の開発、それを用いた地盤と構造物の相互作用に関する研究を21世紀COEに参加して以来継続的に行ってきた。以下にその概要と成果を期す。

○水平・モーメント荷重を受けるパイルドラフト基礎の力学挙動に関する研究

比較的基礎幅が小さいパイルドラフト基礎の遠心模型水平載荷試験手法を開発し、杭基礎、ラフト基礎の実験を合わせて行い、地盤－杭－ラフトの複雑な相互作用、それらに及ぼす杭・ラフト部の初期鉛直荷重分担の影響を明らかにした。

Sawada, K. & Takemura, J.: Centrifuge model tests on piled raft foundation in sand subjected to lateral and moment load. *Soils and Foundations*, Vol. 54, No.2, 2014.4

Sawada, K., Takemura, J., Izawa, J. & Seki, S.: Mechanical behavior of piled raft foundation in sand subjected to static horizontal load. *7th Intn. Conf. Physical Modeling in Geotechnics*, Zurich, 897-903, 2010.7.

○鋼矢板で補強された複合基礎の耐震補強メカニズムに関する研究

地震時水平耐力の向上を目的とした鋼矢板による杭基礎補強のメカニズムとその効果の確認を目的とした一連の静的並びに動的遠心模型載荷実験を行った。その結果、基礎の回転変形に対する補強効果の発現は、主として矢板の鉛直抵抗によるものが大きいことを明らかにした。

Zhang, X. & Takemura, J.: Seismic performance of pile foundation with reinforcement of steel sheet-piles in sand. *8th Intn. Conf. Physical Modeling in Geotechnics*, Vol. 2, Perth, 1053-1059, 2014.1.

○地盤の不飽和化による簡易液状化対策とその効果の検証に関する研究

簡易で経済的な液状化対策手法としての地盤の不飽和化の効果の検証を目的として、重力式基礎、護岸構造物に関する遠心模型振動実験を行い、その沈下、変形抑制効果、更には長時間振動に対する限界を確認した。

Takemura, J. Igarashi, R. Izawa, J., Okamura, M. & Masuda, M.: Centrifuge model tests on soil desaturation as a liquefaction countermeasure. *17th Intn. Conf. SMGE.*, Vo.2, Egypt, 502-505, 2009.10.

Takemura, J. Komatsumoto, N., Seki, S & Izawa, J. Seismic stability of gravity type quay wall on desaturated loose sand. *Joint 7th Intn. Conf. Urban Earthquake Engineering & 5th Intn. Conf. on Earthquake Eng.*, 467-472, 2010.3.

○液状化地盤上のタンク基礎としてのパイルドラフトの動的応答と沈下挙動に関する研究

比較的大きな沈下が許容され、不等沈下が主たる耐震変形の照査項目である石油タンク基礎としてのパイルドラフト基礎の適用性を物理モデルの開発とそれを用いた一連の実験を行い、液状化時の基礎と地盤の相互作用を詳細に調べた。

Takemura, J., Seki, S. & Yamada, M.: Dynamic response and settlement behavior of piled raft foundation of oil storage tank. *8th Intn. Conf. Physical Modeling in Geotechnics*, Vol.1, Perth, 613-619, 2014.1.

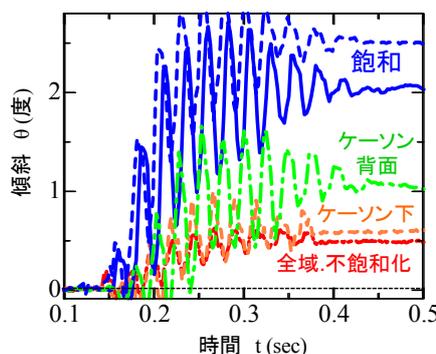
○堆積地盤内の縦ずれ断層変位の進展と地中構造物の安全性に関する研究

堆積地盤内の縦ずれ断層変位を再現する遠心模型実験断層シミュレータを開発し、種々の応力条件のもとで断層変位の進展過程を観測し、加えて断層変形を受ける地中埋設管、杭基礎の変形、破壊挙動について調べた。

Takemura, J., Ishii, Y., Hara, Y. & Kusakabe, O.: Centrifuge model test of fault rupture propagation in alluvial deposit. *8th Intn. Conf. Urban Earthquake Engineering*, Vol.1, 285-292, 2011.3.



地盤の不飽和化による液状化対策（重力式護岸の変形）



断層シミュレータ（逆断層変位）

家具の固定は、地震時の安全確保の観点から重要である。家具の固定先として最も多いのは壁であるが、家具が固定された壁の耐震性について検討する場合、家具、固定具、壁などを1つのシステムとして捉え、総合的かつ動的に検討する必要があると考えられる。しかし、現状では、固定具の引抜強度程度の資料しか提示されていない場合が多い。ここで、簡易間仕切や架構式の仕上げなどの非構造部材に関しては、構造部材のように個々の建築物ごとに詳細な耐震設計がなされることは稀である。また、おもに既製品を選択する形式が採られている非構造部材や固定具について、候補となる全製品を対象に大規模な実験を実施するのは事実上不可能である。そのため、各製品の耐震性の大きな序列や弱点を把握できる簡便な評価方法の確立が望まれている。そこで、本研究では、家具、固定具、壁からなるシステムの耐震性を簡便に評価できる“簡易評価方法”について検討した。

本研究では、模擬家具、固定具、試料壁からなる試験体を用い、下記の①～④の試験を実施した。図1に試験体の概要と振動台上への設置状況を示す。模擬家具はオフィスの本棚を模擬したもの1種とし、固定具と試料壁の構成を種々変化させて、耐震性の異なる11種の試験体を設定した。

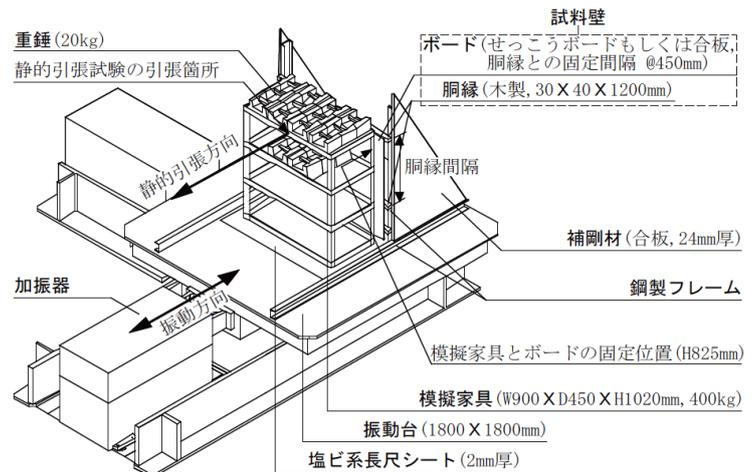


図1 試験体の概要と振動台上への設置状況

- ①静的引張試験
  - ②卓越振動数試験
  - ③実地震波(5種)による振動試験
  - ④簡易入力波(図2参照)による振動試験
- ③と④の振動試験では、入力波の振幅を徐々に大きくしながら試行を繰り返し、試験体が破壊した1回前の試行での最大加速度を“限界加速度”として求めた。

③と④の結果の比較から、システムの耐震性の序列や弱点は、静的な試験では十分に把握できないことが確認された。また、②の結果から、システムの振動特性には複雑な角度依存性があるため、実地震波などの入力時にシステムに共振現象が発生することはないことが示唆された。さらに、③での試験体の挙動から、システムが破壊するのは実地震波の加速度振幅が最大に達する時点前後の比較的短い期間であり、実地震波のうちこの時点前後の数波がシステムの破壊に支配的に寄与していることが想定された。

以上より、図2に示すような、加速度振幅 $a$ 、振動数 $f$ 、波数 $n$ の正弦波を基本とする簡易入力波の基本構想を設定した。この簡易入力波は、実地震波のうち加速度振幅が最も大きい部分前後の数波を、基本となる正弦波で置換したものである。④では、実地震波のランニングスペクトルや、最大振幅に近い振動の波数の範囲などを参考に、 $f$ を3種(1.5, 2, 3Hz)、 $n$ を3種(3波, 5波, 10波)設定し、計9種の簡易入力波を各試験体に入力した。その結果、図3に例示するように、2Hz, 3波の簡易入力波による限界加速度が、③で求めた実地震波による限界加速度と最もよい対応を示し、かつ破壊箇所も一致することが確認された。

以上の検討の結果、2Hz, 3波の正弦波を基本とした簡易入力波で、家具、固定具、壁からなるシステムの耐震性の大きな序列や弱点を把握できることが明らかとなった。なお、この簡易入力波は、床に固定する場合にも適用可能であることが、別途明らかとなっている。また、この簡易入力波を再現できる、モータとクランクシャフトなどからなる簡便な構造の簡易振動台も開発している。今後、簡易振動台を用いて限界加速度や破壊箇所を求める方法を軸に、さらなる検討を進める予定である。

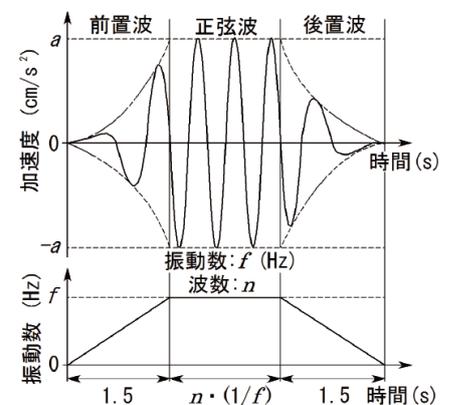


図2 簡易入力波の基本構想

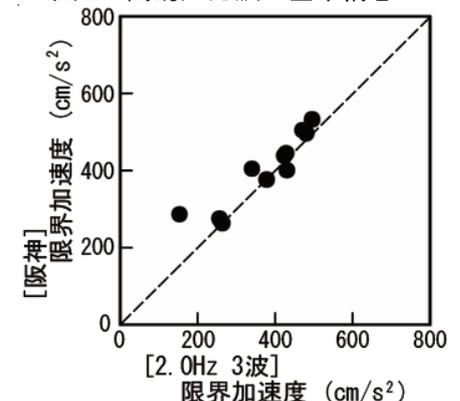


図3 限界加速度の関係の例

# 地震に対して損傷制御効果に優れたコンクリート系構造と木質構造の開発

建築物物理研究センター(教授) 坂田弘安

## 1. PC 圧着関節工法の開発

コンクリート系構造において地震後の損傷制御を実現するための工法、「PC 圧着関節工法」の開発を行った。従来の鉄筋コンクリート構造は、変形するとひび割れが生じ、剛性も著しく劣化してしまうが、この工法はプレストレスを導入した柱部材と梁部材を PC より線によって圧着し、関節のように回転させるため、地震後の損傷が極めて少ないことが特徴である (図 1)。図 2 に示すように、除荷後の残留変形が少なく、想定通りの性能を発揮することを実験により確認し、さらに実験で得られた荷重-変形関係を精度良く追跡できる評価法も提案した (図 3)。また、図 4 のように PC 圧着関節工法による外付けフレームを耐震補強として適用するための研究も行った。本工法は、既に約 400 棟の実績があり、その全てが東日本大震災においてほとんど損傷が見られず、その優れた性能が実証された。

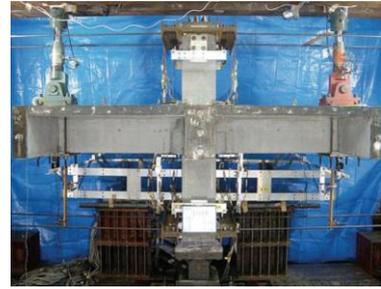


図 1 PC 圧着関節工法による床スラブ付き十字型部分架構の載荷実験

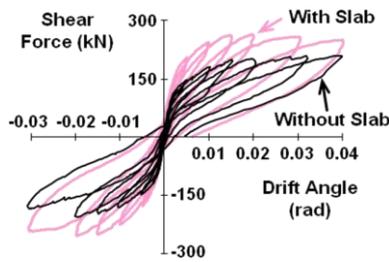


図 2 PC 圧着関節工法による部分架構の実験結果

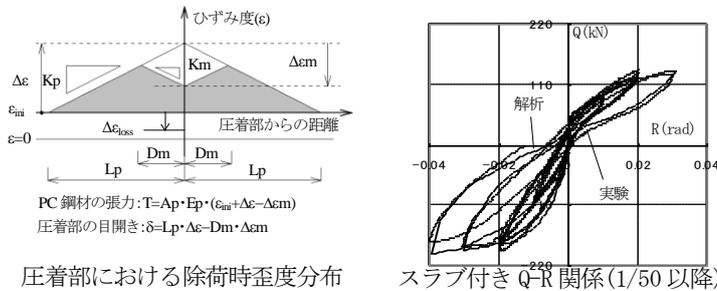


図 3 PC 圧着関節工法骨組の力学モデルとそれによる解析結果

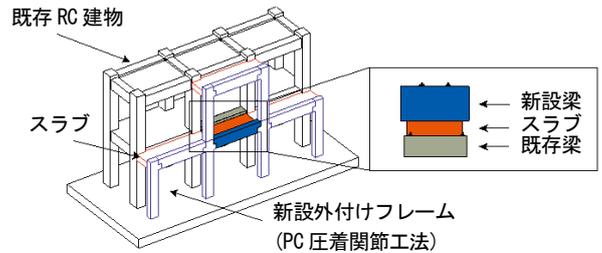


図 4 PC 圧着関節工法外付けフレームによる RC 建物の耐震補強

## 2. 木造住宅用高性能制振壁の開発

我が国の住宅は木造の戸建住宅が多数を占め、その約 40%は耐震性能が不足していると言われている。また、新築においても地震後の損傷を最小限に留める、財産保持性の高い住宅が求められている。以上から、安価かつ高性能で、さらに中高層建築で既に多くの実績のある制振技術を木質構造に適用するための研究を行い、粘弾性、鋼材、摩擦など多様なダンパーを取り付けることができる木造住宅用高性能制振壁を笠井教授と共同で開発した。制振壁を組み込んだ架構の振動台実験を行い、非制振の架構に比べて最大変位が約半分になり損傷が抑制されたこと、さらに余震を模擬した加振でも元の性能を保っており、住宅の財産保持性を高められることを確認した。本制振壁は民間企業 2 社が実用化し、既に 200 棟超の施工実績がある。

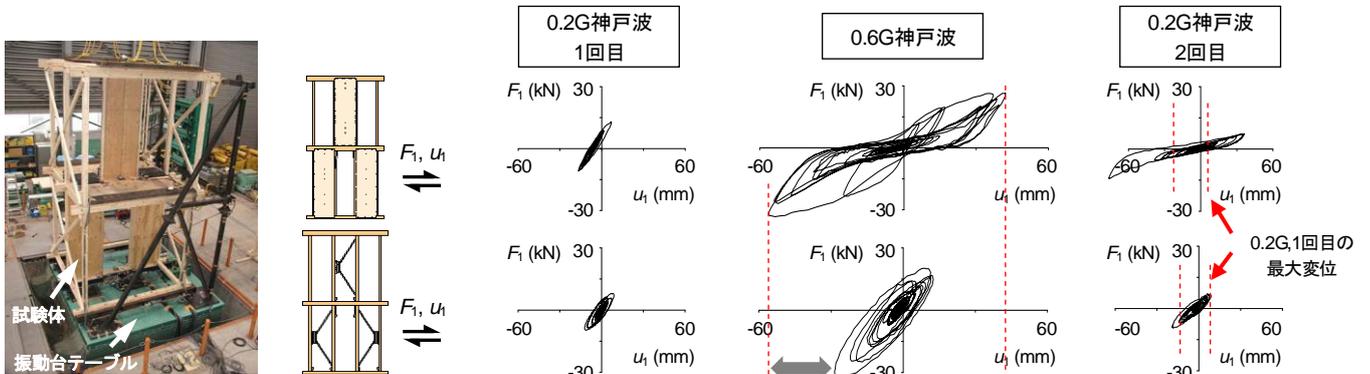


図 4 木造住宅用高性能制振壁を組み込んだ架構の振動台実験  
 上段: 一般的な合板耐力壁架構、下段: 粘弾性ダンパー付き制振壁架構

① 非制振に比べて最大変位が約半分  
 ② 制振は2回目の小地震(余震)でも性能が劣化しない

## 1. 主な研究課題

- 部分架構を構成するパイルキャップの耐震設計法
- 既存建築物の耐震補強技術の開発
- 柱部材における高速飛翔体の衝突による損傷評価
- せん断力伝達機構と損傷制御設計法の開発

## 2. 主な論文リスト (2009-2012)

- 中央部に鋼材ダンパーを有する RC 境界梁に関する実験的研究-低降伏点鋼を用いた境界梁ダンパーに関する研究：日本建築学会構造系論文報告集、第 638 号、755-763、2009 年 4 月
- 鉄筋コンクリート柱の損傷過程におけるせん断伝達メカニズムに及ぼす軸力の影響：日本建築学会構造系論文報告集、第 639 号、897-906、2009 年 5 月
- 既製杭を使用した中柱におけるパイルキャップの耐震性能評価に関する実験：日本建築学会構造系論文報告集、第 640 号、1131-1136、2009 年 6 月
- 中央部に鋼材ダンパーを有する RC 境界梁に関する実験的研究-低降伏点鋼を用いた境界梁ダンパーに関する研究：日本建築学会構造系論文報告集、第 643 号、1677-1684、2009 年 9 月
- 高強度 RC 柱の復元力特性に及ぼすひび割れ面形状、軸力およびせん断補強筋の影響：日本建築学会構造系論文報告集、第 647 号、193-202、2010 年 1 月
- 超高強度鉄筋コンクリート立体耐震壁の復元力特性に関する研究：日本建築学会構造系論文報告集、第 648 号、395-404、2010 年 1 月
- あと施工アンカーを用いずに補強した架構の耐力評価に関する研究 鉄筋コンクリート壁板補強の性状と接合面での摩擦効果：日本建築学会構造系論文報告集、第 658 号、2239-2246、2010 年 12 月
- あと施工アンカーを用いずに補強した架構の耐力評価に関する研究 鉄骨ブレースで補強した連層架構の性状とせん断伝達機構：日本建築学会構造系論文報告集、第 655 号、1329-1336、2011 年 7 月
- 超音波振動を用いた再生細骨材製造プロセス：日本建築学会構造系論文報告集、第 677 号、999-1006、2012 年 7 月
- 横補強筋量が少ない鉄筋コンクリート柱部材の圧縮ストラット形状の変化と終局せん断強度：日本建築学会構造系論文報告集、第 677 号、1113-1122、2012 年 7 月

## 3. 主な著書 (2009-2012)

- 初めて学ぶ鉄筋コンクリート構造 (編著)、市ヶ谷出版、2009.1
- ダイヤモンドシェル体育館の耐震診断・耐震改修マニュアル、(編著)、東京都防災・建築まちづくりセンター、2010.10
- 都市構造物の耐震性 (編著)、朝倉出版、2012.04
- 都市構造物の耐震補強技術 (共著)、朝倉出版、2012.10

## 4. 受賞 (2009-2012)

- 日本建築学会賞 (業績)、日本建築学会、2009.5.29
- 所長賞 (社会貢献部門)、東京工業大学応用セラミックス研究所、2009.9
- 日本鉄筋継手協会功績賞、日本鉄筋継手協会、2010.5.25
- 名誉会員、日本鉄筋継手協会、2011.5.30



## 1. 確率的な交通ネットワークフローモデルの開発

交通混雑下で確率的に生じやすいネットワークフローパターンを求める問題をベイズ確率モデルとして定式化し、マルコフチェーンモンテカルロ (MCMC) 法による計算アルゴリズムを適用した解法を提案した。このモデルは交通量や旅行時間の期待値だけではなく、その確率分布を出力できる点が大きな特徴である。基礎モデルを展開し、観測リンク交通量を用いた OD 分布交通量の推定や交通状態の日々の変動を記述できるモデルを開発した。これらのモデルはネットワーク信頼性評価に適用することができる。

[1] Chong Wei, Yasuo Asakura, Takamasa Iryo (2014) Formulating the within-day dynamic stochastic traffic assignment problem from a Bayesian perspective. *Transportation Research Part B*, 59, pp. 45-57

[2] Chong Wei, Yasuo Asakura (2013) A Bayesian approach to traffic estimation in stochastic user equilibrium networks. *Transportation Research Part C*, 36, pp. 446-459

[3] Wei, C., Asakura, Y., Iryo, T. (2012). A probability model and sampling algorithm for the inter-day stochastic traffic assignment problem. *Journal of Advanced Transportation*. Vol.46, No.3, pp.222-235.

[4] Wei, C., Asakura, Y. and Iryo, T. (2011). A link-based stochastic traffic assignment model for travel time reliability estimation. In *Network Reliability in Practice*, Levinson, D., Liu, H., Bell, M. (Eds.), NY: Springer, 209–221.

## 2. 道路ネットワークの耐震補強戦略モデルの開発

確率的に発生する地震災害シナリオの下で、交通費用と耐震補強費用および維持管理費用の和の期待値であるライフサイクルコストを最小にするような道路ネットワークの耐震補強戦略を求めることのできる最適計画モデルを開発し、大規模問題を効率的に解く方法を提案した。この方法を神戸市道路網に適用することにより、耐震補強が必要となる区間の集合と補強の水準を示すことができた。

[5] Takeshi Nagae, Tomo Fujihara, Yasuo Asakura; Anti-seismic reinforcement strategy for an urban road network. *Transportation Research Part A*, 46 (2012) 813–827.

## 3. 携帯機器による交通行動調査とそのモデル化

WEB に接続した携帯電話を用いた交通行動調査（プローブパーソン調査）によって得られた移動軌跡を前提に選好意識を尋ねる SP 調査を組み合わせ、仮想的な高度移動手段に対する需要の推定を行う方法を開発した。繰り返しのない交通行動に対して、人々の社会的ネットワークが情報の生成と遷移に及ぼす影響を評価できる動的モデルを開発した。

[6] Takamasa Iryo, Takahiko Kusakabe, Ippei Yamanaka and Yasuo Asakura (2013) Effect on travellers' activities and environmental impacts by introducing a next-generation personal transport system in a city. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(3), pp.226-237

[7] Takamasa Iryo, Kazuma Yamabe, Yasuo Asakura (2012) Dynamics of information generation and transmissions through a social network in non-recurrent transport behavior. *Transportation Research Part C* 20 (2012) 236–251.

## 4. 交通系 IC カードデータの分析

料金収受のために収集された交通系 IC カードデータを用いて、鉄道旅客の日々の交通行動の変容を明らかにするためのデータマイニング手法を開発した。この方法論を適用して、新駅や新規路線の開業による乗客の行動変容を分析した。

[8] Yasuo Asakura, Yoshiaki Nakajima, Takahiko Kusakabe (2012) Estimation of Behavioural Change of Railway Passengers Using Smart Card Data, *Public Transport*, 4(1), pp1-16.

近年の地震被害の典型的な事例として図1に示す天井に代表される非構造要素の被害が挙げられる。特に重要な点は建物の構造本体にはほとんど被害が発生しない程度の地震動であっても天井の大規模な落下被害が発生している点である。このことに注目して、CUEEの活動の一環として、地震時の鋼製下地在来工法天井（図2）と呼ばれる最も一般的な仕様の天井の動的性状やこれを構成する部材の力学的性状について実験的・数値解析的研究を行ってきた。本研究成果は2013年に公布された国土交通省による天井耐震化に関する告示に反映されている。



図1 大規模な天井落下被害の事例

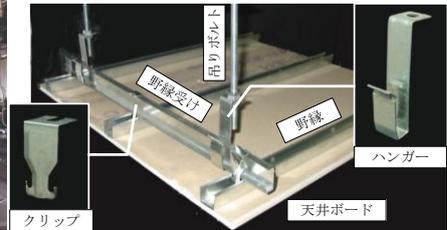


図2 鋼製下地在来工法天井

(1) 鋼製下地在来工法天井の地震時における落下現象発生プロセス

地震時に鋼製下地在来工法天井が大規模に落下する理由については、壁などの天井周囲の要素との衝突や上下応答加速度の影響あるいは施工不良など極めて曖昧であった。このために大規模落下現象を実験室にて再現することで落下被害の発生プロセスを明らかにする必要があるが、本研究室で研究を開始する以前には実験による落下被害の再現はなされていなかった。そこで、鋼製下地在来工法天井を試験体とする振動台実験を実施し、鋼製下地在来工法天井において見られる大規模な落下現象の発生プロセスを明らかにした。

(2) 鋼製下地材の力学的特性

上記の振動台実験によって明らかとなった天井落下現象の引き金となるクリップ接合部における「すべり」および「脱落」挙動を詳細に検討するために、接合部のみを抽出した実験を行った。図3に実験結果の一例を示す。本実験によって、クリップは鉛直力にて脱落するばかりではなく水平力のみが作用する場合でも脱落すること、また、载荷の向きによって挙動が大きく異なることが明らかとなった。特に、前者は、これまで上下応答加速度の影響によって天井落下被害が発生するという見解が必ずしも正しくないことを示すものであり、その後の天井の耐震性能に関する研究を大きく方向転換させるものとなっている。

(3) 鋼製下地在来工法天井の数値解析法の開発

これまで行ってきた実験は振動台の規模の制約によって実在する天井を部分的に取り出した試験体を用いて行われてきており、実際の大規模な天井を対象とする研究は未だ行われていない。そのために、コンピュータを用いて被害を予測することは極めて大きな意義を有する。しかしながら、上記のクリップなどを用いた接合部は力学的に明快なものではないことから、当該部位のモデル化は数値解析上の課題であった。そこで、すべりや脱落を伴う接合部位に対する数値解析モデルを構築するとともに、それらを比較的簡便に解析可能とする数値解析法を開発することで接合部位の実験結果を再現することに成功している（図4参照）。

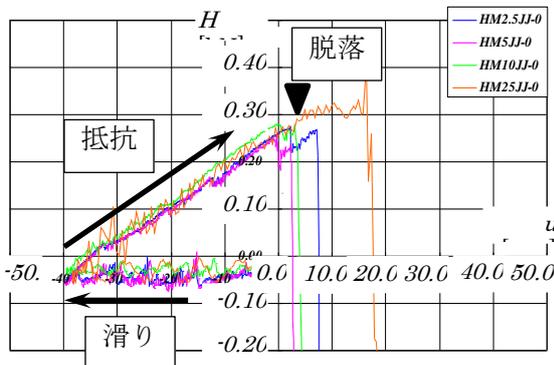


図3 クリップ接合部実験結果（水平力载荷時）

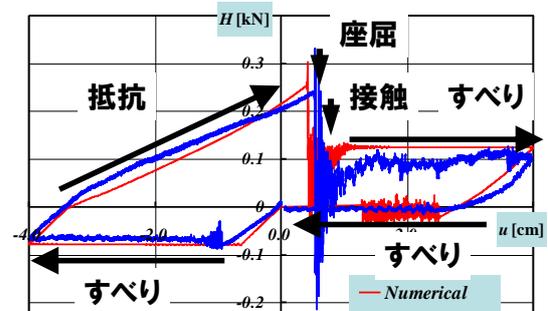


図4 クリップ接合部の再現解析結果

東日本大震災発生後、福島第一原子力発電所の被災に伴う電力供給能力の大幅な低下により、関東圏では地震発生から数カ月にわたり計画停電が実施された。特に計画停電当初の数週間は、鉄道事業者の輸送サービス水準の低下によって市民生活や産業活動に多大な影響が及んだ。本研究では、計画停電に伴う首都圏都市鉄道サービス水準の低下が鉄道利用者の利便性に与えた影響の定量的な評価を行う。特に、代表的な節電対応である「列車運行頻度の削減」、「相互直通運転の中止」、「優等列車の停止」によって利用者の移動利便性が平常時と比べてどの程度減少したのかを最小費用 Hyperpath の概念に基づいて検証する。

Hyperpath に基づく鉄道経路選択モデルでは、期待最小費用 Hyperpath に含まれる経路群のみを用いて乗客が目的地まで向かうことを仮定する。一般化費用は、乗車時間と待ち時間の重み付き線形和で構成される。本研究では、まず、平常運行状態での各 OD ペアの一般化費用を算出する。次に、計画停電に伴う節電要請により鉄道のサービス水準が低下した日の運行状態をシステムの入力データとして与えて一般化費用を算出する。その値を、

対象とする全ての日について算出し、平常運行状態での一般化費用に対する増加割合を求める(図1)。

鉄道各社のホームページや信頼できるニュースサイト等を情報源として、震災発生直後の3月11日からの鉄道運行状況データを収集した。このデータを元に一般化費用の変化分を算出した例を図2に示す。これは、3月18日時点における東京駅を最終目的地とする各駅出発利用者の一般化費用の増加割合を示したものである。運行頻度の減少が待ち時間の増加をもたらした結果として一般化費用の増加に寄与することにより、乗り換え回数の多い遠方の駅からの鉄道利用者ほどより大きな影響を被っていることが確認できる。また、乗り換え回数が多いODペアほど、他の路線を経由して移動する時間が長くなるために、より大きなサービス低下をもたらされていることが示唆される。(出典) Fukuda, D., Fujita, R. and Yaginuma, H.: Analyzing the effects of the rolling blackouts on railway service in the Tokyo Metropolitan Area after the 2011 Great East Japan Earthquake. Journal of JSCE [土木学会論文集], Vol. 1, No. 1, pp. 479-489. 2013.

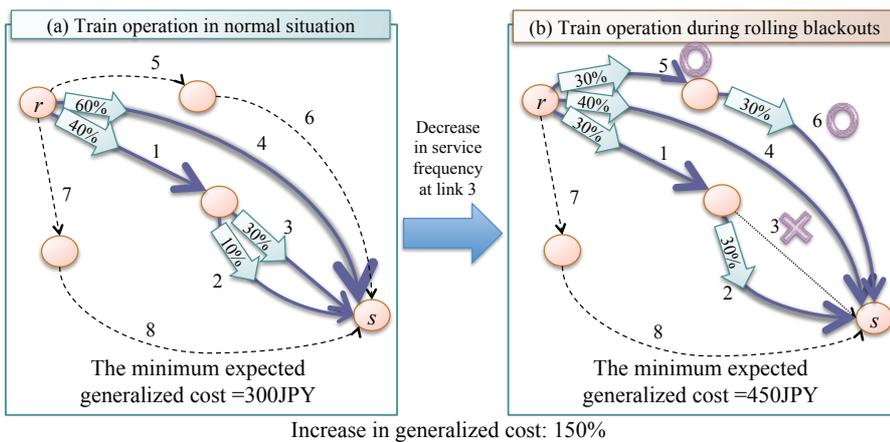


図1 利便性評価のイメージ ((a) 平常時, (b) 計画停電時の経路選択行動)

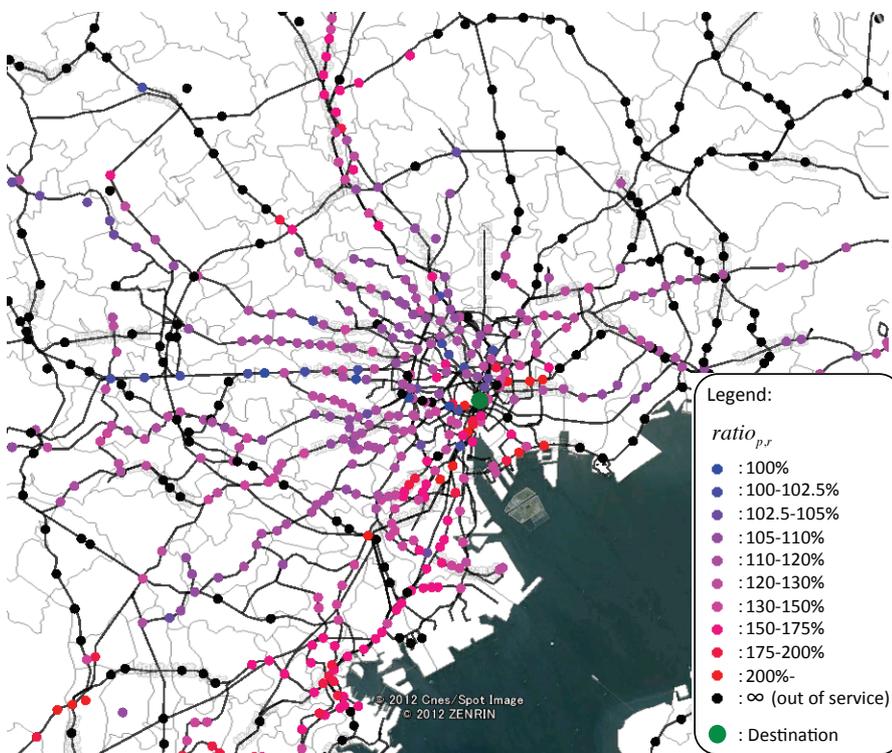


図2 3月18日の一般化費用の増加割合(目的地:東京駅)

1981 年の新耐震設計法の基本方針は、中小地震に対しては建物の継続利用を目指し、大地震に対しては構造物の倒壊を防止することであった。しかし、ここ 10 年間に発生した都市型地震の被害をみると、構造物の安全性確保が重要であることはもちろんだが、さらに損傷をできれば修復不要なレベルまで低減し、建物の機能維持・早期復旧を図ることが、社会一般が求める耐震性能であると考えられる。PC 構造は、履歴特性が S 字型となりエネルギー消費能力に関しては従来の RC 造に比べて劣るものの、残留変形がほぼ 0 となり大変優れた自己修復性を有する。さらに部材をプレキャスト (PCa) 化すれば、部材の損傷が大きく低減されることも、これまでの研究から分かっている。

例えば、地震時変形を PCa 部材間に集中させれば、PCa 部材自体はほぼ無損傷に抑えることが可能となる。そこで、PCa 造においては地震時の弱点と受け取られがちな部材間接合部を、耐震性能上必要な変形吸収部位として積極的に利用する目的で、PC 構造と組み合わせる。

アンボンド PC 鋼材によりプレストレスが導入された鉄筋コンクリート部材 (以下、PRC 部材と呼ぶ。) は、ひび割れや残留変形が低減できる。従来、PRC 梁は曲げひび割れとたわみの制御を目的として比較的スパンの長い梁などに適用されてきた。しかし、本研究では通常スパンもしくは短スパンの部材にも、損傷制御の目的で PRC 梁を適用しようと考えた。アンボンド PRC 梁に関する研究例はこれまでも見られるが、主として曲げ性状やひび割れ性状に関するものが多く、せん断性状について検討した研究はない。ACI318M-11 では、PC 梁のせん断耐力式が紹介されているが、鉄筋の付着がせん断耐力に与える影響は明らかでない。そこで本研究では、アンボンド PRC 梁のせん断耐力評価を目的とし、7 体のアンボンド PRC 梁を用いた実験研究を行った (図 1)。

アンボンド PC 鋼材を用いた PRC 梁の破壊モードと水平耐力は、本文で紹介した曲げ耐力・せん断ひび割れ耐力・付着耐力・せん断耐力を考慮することでおおむね予測できた。ただし、今回の試験体に関しては、NewRC 式よりも PC 規準 71.2 式の方が予測精度は高かった (図 2)。

PC 規準および NewRC 式を用いて求めたせん断耐力値が異なる原因を考察した。その結果、コンクリート有効係数やトラス機構におけるコンクリート圧縮束の角度、せん断スパン比が影響を与えていることが分かった。

謝辞：本研究は、住宅市場整備推進等事業 (事業主体名：一般社団法人 長寿命建築システム普及推進協議会) の一部として行われました。(株)フジタ・高森直樹氏、戸田建設(株)・竹中啓之氏、(株)長谷工コーポレーション・平田延明氏には、多くの助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

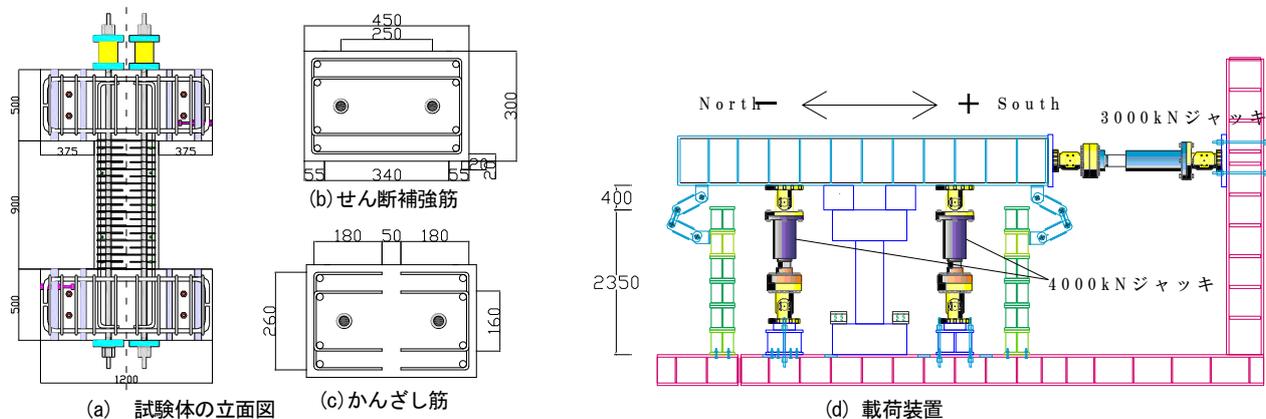


図 1 実験の概要

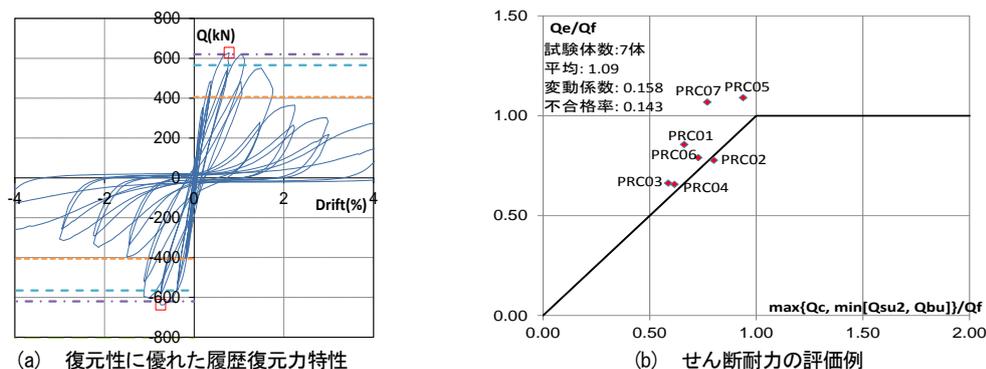


図 2 代表的な実験結果

The Center for Urban Earthquake Engineering (CUEE) at the Tokyo Institute of Technology, Japan and the Regents of the University of California on behalf of the Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), U.S.A., signed a Memorandum of Understanding expressing their dedication to an international integration of our research and education activities in earthquake engineering almost a decade ago. That agreement strengthened existing bonds of cooperation between the CUEE and PEER Centers and produced a string of accomplishments which have made a lasting impact on our communities and profession.

Perhaps the most unique and signature accomplishment of joint CUEE-PEER activities has been the mentoring and development of a generation of young researchers with strong ties to their peers in the US, Japan, and other countries. The annual Young Researchers Workshop was particularly central to this effort, with its focus on bringing young researchers from various countries together to exchange research findings in both formal and informal settings. Over 50 young researchers from nine different universities within PEER were able to visit Japan and participate in these workshops, and post-event survey data show that these events were highly effective in broadening their perspectives, advancing their studies, and forging lasting networking connections. These ties made other exchanges between our young researchers all the more effective during research exchanges, meetings, and conferences.

Technical exchanges between CUEE and PEER research communities have contributed to major advances across our disciplines and been broadly beneficial outside our respective organizations as well. The value of CUEE-PEER connections was, perhaps, most visible following the 2011 M=9 Tohoku Earthquake when our members played lead roles in bringing together a broader set of Japanese and US researchers during reconnaissance efforts and post-reconnaissance research collaborations. CUEE-PEER members have also played major roles in bringing together researchers involved in large scale experimental studies as performed through NEES in the USA and at the Miki Shaking Table in Japan. These various connections, along with the highly successful annual international conferences hosted by CUEE and annual meetings hosted by PEER, have been effective in ensuring that the best research ideas and findings from our respective countries are more rapidly shared with each other and the world.

The future is bright for continued research and education exchanges between the members of CUEE and PEER precisely because the past decade has built a solid foundation of personal and technical connections between our respective communities. We expect to see continued technical exchanges and cooperation between our members, even if the current funding situations mean that certain events will be scaled back. It is our hope that the lasting friendships that these CUEE-PEER activities have established between our young researchers will be as valuable to their successes as they have been for the generation of researchers before them.

PEER congratulates CUEE on a wonderfully successful and impactful decade of accomplishments in addressing the problems that earthquakes pose for our urban areas.



*Japanese and PEER young researchers network during dinner after the 2009 CUEE Young Researcher Workshop in Tokyo.*



*PEER graduate student Patrick Wilson from the University of California, San Diego explains his research to a Japanese colleague during the poster session at the 2009 CUEE Annual Conference.*

## 第10回都市地震工学国際会議

元・建築学専攻(助教)(現・千葉工業大学) 鈴木比呂子

2004年より例年3月に開催している都市地震工学国際会議は今年で第10回目となり、2013年3月1、2日に東京工業大学大岡山キャンパスで開催された。21世紀COE、グローバルCOEと10年続いたプロジェクトが、平成24年度をもって終了した。第10回目は、COEプロジェクトとしては、最後の国際会議となった。

この国際会議では、国内外から著名な研究者を招待するだけでなく、多くの若手研究者(学生も含む)に発表の機会を与え、また旅費等の支援を行ってきた。第1回の国際会議では66件であった論文発表の数が、開催を重ねるごとに増え、第10回では280件(海外122件、国内158件)の論文発表が行われた。また、参加者は26カ国から449名(うち、海外から139名)であった。以下に会議の概要を報告する。

会議1日目のオープニングは東京工業大学学長の三島良直教授(写真1)、CUEEリーダーの東京工業大学の時松孝次教授の挨拶で始まった。その後、ImageCat, Inc.のRonald Eguchi氏より、"Exposure Data Development for the Global Earthquake Model: Inventory Data Capture Tools"、長岡技術科学大学の丸山久一教授より、"Evaluation of Tsunami Force acted on Bridges by Great East Japan Earthquake"(写真2, 3)と題したキーノートレクチャーがあった。

キーノートレクチャーの後は、昼の休憩を途中に挟んだ午前後半と午後前半で、若手研究者セッションが9会場に分かれて開催された。例年、若手研究者の旅費を支援するとともに、発表、研究が優れていた研究者への優秀賞の授与を行っている。若手研究者に対する表彰は第6回から始まり、若手研究者の励みにもなっている。今回は、全103件(海外43件、国内60件)の発表があり、研究内容、プレゼンテーション、質疑応答等で評価が行われた(写真4)。若手研究者セッションの後は、Engineering Seismology, Structural Engineering (Steel), Geotechnical Engineering, Human Behavior, Structural Engineering (Concrete), Socio-economic Issuesのテーマごとに、6会場に分かれ、一般論文の発表が行われた。いず



写真1 三島学長の挨拶



写真2 Eguchi氏の講演



写真3 丸山教授の講演



写真5 Deierlein教授の乾杯の挨拶



写真4 若手研究者セッションの様子

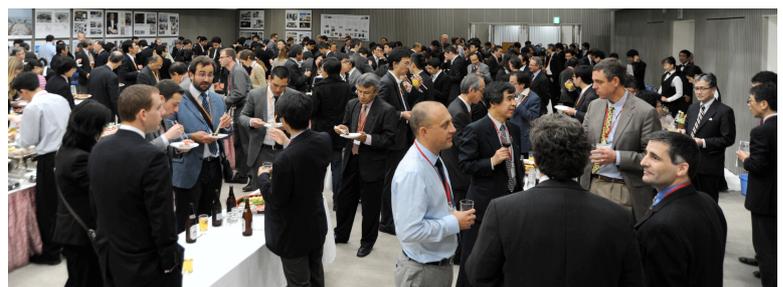


写真6 ウェルカムパーティーの様子

れも活発な議論が繰り広げられた。夕方からは、Tokyo Tech Front でウェルカムパーティーが開かれた。東京工業大学の竹村次朗准教授の司会のもと、東京工業大学の二羽淳一郎教授、カリフォルニア大学デービス校の Ross Boulanger 教授の挨拶、スタンフォード大学の Gregory G. Deierlein 教授の乾杯の挨拶の後(写真 5)、参加者の親睦が行われた(写真 6)。

会議 2 日目は、朝から 6 つの会場に分かれ、一般論文の発表が行われた。午前前半は、Engineering Seismology, Structural Engineering (Bridge), Non-Structural Component and Contents, New Design Criteria and Methods, Structural Engineering (Concrete), Tsunami, 午前後半は、Engineering Seismology, Information and Computing Technology & Earthquake Loss Estimation, Geotechnical Engineering & Lifeline Systems, Advanced Technologies, Structural Engineering (Concrete), Tsunami, 午後前半は、Engineering Seismology, Structural Engineering (Timber), Geotechnical Engineering, Advanced Technologies, Structural Engineering (Other), Lessons Learnt Earthquakes, Response Records & Earthquake Engineering Practice をテーマとしたセッションが開催された。

一般論文の平行セッションのあと、クローリングセッションに先立ち、時松孝次教授より若手優秀発表者への表彰と記念品の授与が行われた。受賞者およびその論文題目は、以下に示す 12 名である(写真 7)。

Ryoichiro Agata (東京大学) : Fundamental Research for Enhancement of Estimation on Earthquake Ground Motion-Development of a Method for Crustal Deformation Analysis Using High-Fidelity Three-Dimensional Crustal Structure Model

Manica Maharjan (東京工業大学) : Effects of Non-homogeneity on Liquefaction in Stratified Soil Deposits

Mohammad H. Khosravi (東京工業大学) : Centrifugal Modeling of Undercut Slopes Subjected to Pseudo-static Loading

Christopher Motter (カリフォルニア大学ロサンゼルス校) : Large-Scale Testing and Analysis of Concrete-Encased Steel Coupling Beams Under Large Ductility Demands

Tea Visnjic (カリフォルニア大学バークレー校) : Experimental Investigation of Large Reinforced Concrete Special Moment Resisting Frame Beams

Yu Jiao (東京大学) : Cyclic Loading Tests of Steel Slit-dampers with Various Shapes

Cem Demir (秋田県立大学) : Seismic Behavior of Ottoman Empire Classical Period Stone Masonry Walls

Deepak R. Pant (東京工業大学) : Seismic Pounding of Base-Isolated Buildings under Bidirectional Excitation

Gabriele Guerrini (カリフォルニア大学サンディエゴ校) : Seismic Response of Recentering Precast Composite Concrete-Dual-Shell-Steel Columns

Kohei Fujita (東京大学) : Development of Simulation System for Estimation of Urban Earthquake Disasters Considering Local Soil Properties Using High Performance Computing

Zhe Qu (東京工業大学) : Seismic Response of an RC Building Strengthened with Pin-supported Walls during the 2011 Tohoku Earthquake

Rachma M. Syam (東京工業大学) : Spatial Characteristics Transformation of Self-built and Donated Post Disaster Housing

表彰式の後、平成 24 年度をもって終了する G-COE プログラムの総括が行われた。CUEE のメンバーの中から、東京工業大学の竹内徹教授は、”Retrofit of Damaged Structures According to Response Control Concept”, 大佛俊泰教授は、”Predicting Spatiotemporal Distribution of People for Risk Assessment and Disaster Management”, 平成 25 年 3 月末で東京工業大学を退職された川島一彦教授は”Ground-Motion-Induced Damage of Bridge during the 2011 Great East Japan Earthquake”と題して、講演を行



写真 7 若手優秀発表賞の受賞者

った(写真 8~10). 3 件の講演の後, 東京工業大学の二羽淳一郎教授, 翠川三郎教授より, G-COE プログラムでの教育および研究の取り組みの成果の総括が報告された(写真 11, 12). 最後に, PEER リーダーのカリフォルニア大学バークレー校の Stephen Mahin 教授, 時松孝次教授より, 閉会の挨拶があり, 第 10 回の国際会議が幕を閉じた(写真 13, 14). 夕方には, 品川プリンスホテルに場所を変え, バンケットが開催された. 竹内徹教授の司会のもと, 東京工業大学の笠井和彦教授の挨拶, Stephen Mahin 教授の乾杯の挨拶で始まり, 研究発表の会場と同様に盛り上がる場となった. 参加者の中からは, 第 10 回の国際会議で最後となることに, 惜しむ声が多くあがった. 最後は, Ross Boulanger 教授の一本締めで会議の全日程が終了した(写真 15).

第 1 回から第 10 回まで, 当初は博士課程の学生として, その後は若手協力者として, 国際会議に参加しました. 海外の研究者の前での研究発表だけでなく, 会議開催の運営にも参加させていただき, 多くのことを経験することができました. このような機会を与えていただき, CUEE リーダーの時松教授, 前リーダーの大町教授を始めとする関係の先生方, 事務局の方々に, この場をお借りして感謝申し上げます.

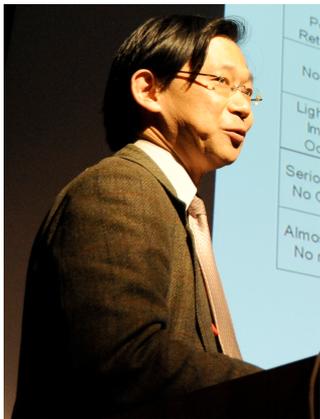


写真 8 竹内教授の講演

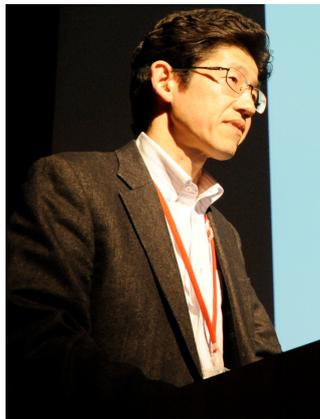


写真 9 大佛教授の講演



写真 10 川島教授の講演



写真 11 二羽教授の講演



写真 12 翠川教授の講演



写真 13 Mahin 教授の挨拶

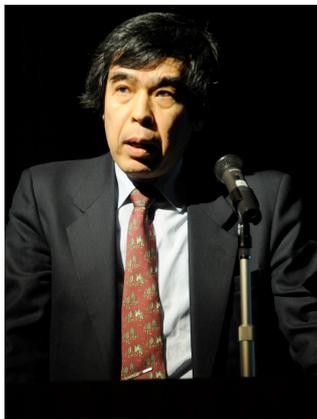


写真 14 時松教授の挨拶



写真 15 Boulanger 教授の挨拶



写真 16 集合写真

## 1. はじめに

平成 25 年 2 月 28 日(木)に、CUEE と PEER の若手研究者によるワークショップが、第 10 回都市地震工学国際会議(10th International Conference on Urban Earthquake Engineering)の随伴行事として開催されました。今回で第 6 回目の開催となり、主に PEER、CUEE に所属する若手研究者が参加し、清水建設株式会社の技術研究所(以下、清水技研)にて見学会が、東京工業大学の大岡山キャンパスにて、テクニカルセッション、懇親会が行われました。

## 2. 見学会

午前清水技研の見学会(写真 1)が開催されました。清水技研では、中村豊氏を初めとした所員の方々に御案内いただき、塔頂免震によりスウェイ、スイング、コアロッキングの 3 つのモードを吸収できる安全安震館など、ユニークな技術を駆使した免震構造建物等についてご案内いただきました。また、独自に開発した最先端のマネジメントシステムを用いた建物の省エネルギー化など、ハード面のみならずソフト面においても格の高い技術をご紹介いただきました。見学会の最後に、技術研究所全体に関してご説明いただき、参加者から質問が寄せられ、大変有意義な時間を過ごすことができました。

## 3. テクニカルセッション

テクニカルセッション(写真 2)は、大岡山キャンパス蔵前会館の手島精一記念会議室にて行われました。21 名の若手研究者が各人 6 分程度の発表を行い、2 分ほどの質疑の時間が設けられました。橋脚の動的性状や、地震動を受ける杭と地盤の相互作用についての分析、実大プレキャストコンクリート建物の振動実験、トンネルの耐震性能に関する研究等、多岐にわたるトピックが紹介され、セッションは盛況なものとなりました。

### 【発表者】(発表順)

Jongvivatsakul Pitcha (東工大), Yuan Lu (UCB), Pant Deepak Raj (東工大), Tea Visnjic (UCB), Yang Shen (東工大), Matthew J. Bandelt (Stanford Univ.), Sarun Chimamphant (東工大), Christopher J. Motter (UCLA), Parisara Thiravechyan (東工大), Ahmet Can Tanyeri (UCB), Aikaterini Ziotopoulou (UCD), Benjamin Turner (UCLA), Kazuki Horikoshi (東工大), Gabriele Guerrini (UCSD), William D. Trono (UCB), Ken'ichi Minowa (東工大), Ning Wang (UCSD), Manouchehr Hakhamaneshi (UCD), Olafur S. Haraldsson (Univ. of Washington), Xin - Rui Zhang (東工大), Youhao Zhou (東工大)

## 4. 懇親会

懇親会は、本学緑が丘 3 号館 1 階で開催されました。PEER 側の参加者は、普段口にすることのない寿司などの和食を興味深く味わっていました。テクニカルセッションにおける発表内容について話し合うなど、CUEE 側と PEER 側の参加者同士の会話も弾み、互いに親交がより深まる様子が見られました。

## 5. 最後に

開催当日は良い天気恵まれ、国内外の若手研究者にとって良い交流の場になったと感じられました。このワークショップを通して、若手研究者同士がより親交を深め、地震工学の国際連携が発展することを祈念いたします。また、当日見学会でご案内いただいた清水建設技術研究所の皆様、お手伝いいただいた事務局、学生の方々に深く感謝いたします。

Organizing Committee : 松井良太, Fatih Sutcu, Andreea Dutu, Darren Chian

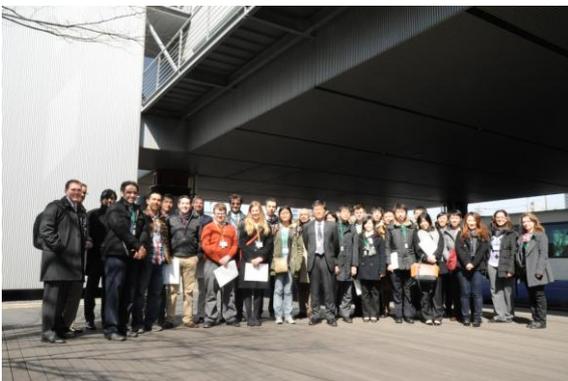


写真 1 清水建設技術研究所訪問



写真 2 テクニカルセッション

2012年9月24日から28日の5日間、ポルトガル・リスボン市にあるCentro de Congressos de Lisboaにて開催された第15回世界地震工学会議(WCEE)に、都市地震工学センターの教員・研究員・大学院生が参加し、研究発表を行った。都市地震工学センターのOBや客員教員を含めると50名以上の大所帯である(写真1)。

前々回(2004年:カナダバンクーバー)と前回(2008年:中国北京)と同様、都市地震工学センターの広報活動を行う展示ブースを出展した(写真2)。若手教員・研究員・大学院生が担当し、都市地震工学センターの活動紹介や毎年開催している国際会議の宣伝を行った。3回目のブース展示ということで、過去2回の反省を活かして展示の工夫を施すことができた。過去の国際会議のProceedingsの配布も行ったが、これがかなり人気であったという間に無くなってしまった(中には重い冊子を持ち帰られた方もいた)。こういった地道な宣伝活動が、都市地震工学センター主催の国際会議への参加者増に繋がってきたのだと思う。今回のWCEEでは展示ブースを行う部屋が、ランチ、ティーブレイク、E-ポスター発表と同じ部屋であったため、気軽に大勢の方が見えられたように感じた。筆者はブース担当のタイムテーブルを割り振る係であったが、参加して頂いたスタッフにはこの場を借りて御礼申し上げます。

三日目には笠井和彦教授がSpecial Sessionの座長として、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で観測された建物応答に関する発表が行われた。都市地震工学センターの教員やOBらも発表者として参加しており、本学すずかけ台キャンパスにある20階建ての免震建物であるJ2棟の観測データも発表された。東北地方太平洋沖地震については海外の地震工学研究者も関心が高いようで、セッションは盛況であった。今は振動台実験により実大建物の地震挙動を再現することも可能であるが、やはり中高層建物となると実験の規模の制約もあるため、実際の地震での観測データは特に貴重であり、これらの蓄積により新たな研究課題も見つかっていくのだろう。

今回のWCEEでは通常のオーラル発表、ポスター発表の他に、E-ポスター発表という形式があった。これは発表内容を事前に数頁のスライドにまとめて投稿し、会場にはE-ポスター用のパソコンが置かれていて好きな時間に閲覧できるシステムである。発表者に質問をしたい場合は、決められた時間にパソコン付近にいれば良い。会議中の閲覧数が発表者ごとにランキングになっていたのは面白かったが、ほとんど閲覧されていない発表もあった。キーワードで検索して興味のある研究発表に絞って閲覧できることがメリットであろうが、逆にマイナーな研究分野ではタイトルに工夫を凝らさないと多くの人に閲覧してもらうのは難しくなるだろう。筆者はポスター発表であったが、こちらの方が常に来訪者がいて活発な議論が行われていたような気がする。

次回のWCEEの開催都市として横浜が立候補していた。次々回が日本で開催されるかはまだ分からないが(少なくともオリンピックは開催されるが)、今回のWCEEに参加して日本が世界の地震工学研究をリードしている存在であることを実感することができたし、今後もそうあり続けるために少しでも役に立てるよう、より一層研究に邁進していきたい。



写真1 会議場前での集合写真



写真2 都市地震工学センターの展示ブース  
(研究員や大学院生が見学者に対応している)

## グローバルCOEプログラム 平成24年度活動実績

### 開催行事

開催日	開催行事	場所	参加者
2012/5/26	第122回工学地震学・地震工学談話会	東工大 すすかけ台キャンパス	53名
2012/6/14	基礎から始める都市地震工学シリーズ No.4 第1回一般セミナー	田町キャンパスイノベーションセンター	47名
2012/7/10	第17回 G-COE 特別講演会 (講師: Associate Prof. Anand Joshi)	東工大 すすかけ台キャンパス	20名
2012/7/17-18	13 <sup>th</sup> Taiwan-Japan Joint Student Seminar on Earthquake Engineering (共催)	鳥取大学	29名
2012/8/3	基礎から始める都市地震工学シリーズ No.4 第2回一般セミナー	田町キャンパスイノベーションセンター	60名
2012/8/25	第123回工学地震学・地震工学談話会	東工大 すすかけ台キャンパス	32名
2012/9/10-15	Student International Internship Program-Earthquake Engineering(共催)	台湾国立中央大学	20名
2012/9/16-20	2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾国立中央大学	60名
2012/10/5	基礎から始める都市地震工学シリーズ No.4 第3回一般セミナー	田町キャンパスイノベーションセンター	45名
2012/11/17	第124回工学地震学・地震工学談話会	東工大 大岡山キャンパス	42名
2012/12/5	第18回 G-COE 特別講演会 (講師: 中西規夫氏)	東工大 大岡山キャンパス	71名
2012/12/6	基礎から始める都市地震工学シリーズ No.4 第4回一般セミナー	田町キャンパスイノベーションセンター	41名
2013/1/28	都市地震工学シンポジウム「帰宅困難者受入れ施設の安全点検に関する都市地震工学」(共催)	東工大 大岡山キャンパス	73名
2013/2/6	基礎から始める都市地震工学シリーズ No.4 第5回一般セミナー	田町キャンパスイノベーションセンター	48名
2013/2/23	第125回工学地震学・地震工学談話会	東工大 すすかけ台キャンパス	31名
2013/2/28	US-Japan Young Researchers Workshop	東工大 大岡山キャンパス	28名
2013/3/1-2	第10回都市地震工学国際会議	東工大 大岡山キャンパス	449名
2013/3/11-14	14 <sup>th</sup> Taiwan-Japan Joint Student Seminar on Earthquake Engineering (共催)	台湾 国立中央大学	42名

### 海外招聘者

氏名	所属	氏名	所属
Ross W. Boulanger	University of California, Davis	Scott J. Brandenberg	University of California, Los Angeles
Oguz C. Celik	Istanbul Technical University	Yiyi Chen	Tongji University
Chien-Cheng Chou	National Central University	Andrew J. Curtis	Kent State University
Gregory G. Deierlein	Stanford University	Rajesh P. Dhakal	University of Canterbury
Ronald T. Eguchi	ImageCat, Inc.	Miguel L. Estrada	National University of Engineering
Jerome F. Hajjar	Northwestern University	Shyh-Jiann Hwang	National Taiwan University
Chung-Jung Lee	National Central University	Tzu-Ying Lee	National Central University
Guoqing Li	Tongji University	Gregory MacRae	University of Canterbury
Stephen A. Mahin	University of California, Berkeley	Emanuel M. Maragakis	University of Nevada, Reno
Henty B. Mason	Oregon State University	Muslinang Moestopo	Institut Teknologi, Bandung
Troy A. Morgan	Exponet Inc.	Gilberto Mosqueda	University of California, San Diego
Giuseppe Oliveto	University of Catania	Jonathan P. Stewart	University of California, Los Angeles
Kiang Hwee Tan	National University of Singapore	John W. van de Lindt	Colorado State University
Kuo-Liang Wen	National Central University	Wanchai Yodsudjai	Kasetsart University
Yiang Zhou	Tongji University		

### 海外特別研修/海外短期研修

氏名	学年	専攻	期間	国際会議名称等	国名
熊谷 知彦	助教	建築学	5/22-5/25	International Association for Shell and Spatial Structures Annual Symposium : IASS-APCS 2012	韓国
松井 良太	助教	建築学	5/22-5/25	International Association for Shell and Spatial Structures Annual Symposium : IASS-APCS 2012	韓国
Xue Ma	D2	人間環境システム	5/29-6/4	The Environmental Design Research Association 43 Seattle	米国
Rachma M. Syam	D3	人間環境システム	6/27-7/1	IAPS 22-International Association People-Environment Studies	イギリス

Kavinda Madurapperuma	PD	土木工学	7/10-7/14	Quake Summit 2012	米国
Priza Kayestha	D3	土木工学	7/10-7/14	Quake Summit 2012	米国
Deepak R. Pant	D3	土木工学	7/10-7/14	Quake Summit 2012	米国
松田 和浩	助教	人間環境システム	7/14-7/20	World Conference on Timber Engineering 2012	ニュージーランド
Priza Kayestha	D3	土木工学	8/19-8/26	European Seismological Commission 33rd General Assembly (ESC2012)	ロシア
沈 洋	D2	情報環境学	8/26-8/30	ICSE2012: International Conference on Earthquake Engineering and Structural Engineering	マレーシア
松本 浩嗣	助教	土木工学	9/9-9/20	Student International Internship Program-Earthquake Engineering 2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾
竹山 智英	助教	土木工学	9/9-9/20	Student International Internship Program-Earthquake Engineering 2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾
Tuan N. Tran	D3	人間環境システム	9/9-9/20	Student International Internship Program-Earthquake Engineering 2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾
Xue Ma	D2	人間環境システム	9/9-9/20	Student International Internship Program-Earthquake Engineering 2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾
沈 洋	D2	情報環境学	9/9-9/20	Student International Internship Program-Earthquake Engineering 2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾
張 銳	D2	土木工学	9/9-9/20	Student International Internship Program-Earthquake Engineering 2012 Taiwan-Japan Joint Symposium on the Advancement of Urban Earthquake Hazard Mitigation Technology	台湾
鈴木比呂子	助教	建築学	9/23-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
松井 良太	助教	建築学	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
松田 和浩	助教	人間環境システム	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
山崎 義弘	助教	環境理工学創造	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Yadab Prasad Dhakal	PD	環境理工学創造	9/23-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Kabir Shakya	PD	土木工学	9/22-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Siau Chen Chian	PD	建築学	9/23-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
曲 哲	PD	環境理工学創造	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
山西 央朗	PD	人間環境システム	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Deepak R. Pant	D3	土木工学	9/22-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Tuan N. Tran	D3	人間環境システム	9/22-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Hussam E. Zaineh	D3	環境理工学創造	9/22-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Mohamed Amrouche	D2	環境理工学創造	9/22-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
周 友昊	D2	建築学	9/23-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Parisara Thiravechan	D2	人間環境システム	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Sarun Chimamphan	D1	人間環境システム	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル

毎田 悠承	D1	人間環境システム	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
鈴木 賢人	D1	人間環境システム	9/22-9/30	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
張 忻銳	D1	人間環境システム	9/22-10/1	15th World Conference on Earthquake Engineering	ポルトガル
Deepak R. Pant	D3	土木工学	10/4-12/27	University at Buffalo , State University of New York	米国
Manika Maharjan	D1	土木工学	10/10-1/16	University of California, Davis	米国
堀越 一輝	D1	土木工学	10/21-1/21	University of Canterbury	ニュージーランド
曲 哲	PD	環境理工学創造	11/3-1/1	University of California, Los Angeles	米国
地元 孝輔	D3	環境理工学創造	11/18-11/26	サンチアゴ市内、コンセプト市内に於ける地盤データ調査	チリ
古川 陽	D3	情報環境学	11/24-11/29	4th International Conference on Computational Methods	オーストラリア
沈 洋	D2	情報環境学	3/11-3/14	14 <sup>th</sup> Taiwan-Japan Joint Student Seminar on Earthquake Engineering	台湾
Xue Ma	D2	人間環境システム	3/11-3/14	14 <sup>th</sup> Taiwan-Japan Joint Student Seminar on Earthquake Engineering	台湾
堀越 一輝	D1	土木工学	3/11-3/14	14 <sup>th</sup> Taiwan-Japan Joint Student Seminar on Earthquake Engineering	台湾

## グローバルCOEプログラム 平成24年度研究員

### グローバルCOE研究員(PD)

氏名	専攻	研究課題
Yadab Prasad Dhakal	環境理工学創造	Investigation on the deep velocity models of the Kanto basin for long-period ground motion simulation for large earthquake
Andrea Dutu	人間環境システム	Seismic behavior of timber framed masonry buildings: structural assessment and retrofitting
Mohammad H. Khosravi	土木工学	Investigation of seismic behavior of geotechnical works considering arching effect
Kabir Shakya	土木工学	Prediction of shear capacity of circular cross section piers subjected to lateral load
Faith Sutcu	建築学	Seismic-resilient building design with response control and energy dissipation
Siau Chen Chian	建築学	Seismic performance of lifelines in liquefiable soil
崔 瑤	環境理工学創造	Improved seismic performance of braced frame connections
Kavinda Madurapperuma	土木工学	Optimum design of reinforced concrete buildings to sustain impact by tsunami water-borne massive objects using water-container-column interaction analysis
曲 哲	環境理工学創造	Study on damage controlled reinforced concrete frames with buckling restrained brace
山西 央朗	人間環境システム	性能評価精度を向上させた弾性回転剛性調整機能を有した鉄骨柱脚の研究

### グローバルCOE研究員(RA)

氏名	学年	専攻	研究課題
Michael J.L. Cocjin	D3	土木工学	Physical and numerical modeling of failure mechanisms of shallow foundations under general loading
Rhommel N.Grutas	D3	環境理工学創造	Site amplification in metro Manila Philippines from the spectral inversion of strong motion recordings
石崎 定幸	D3	建築学	超軟弱地盤における杭頭半剛接合建物の地震時挙動に関する研究
Pitcha Jongvivatsakul	D3	土木工学	Investigation of shear carried by fibers in fiber reinforced concrete beams
Priza Kayestha	D3	土木工学	Wave propagation in pre-stressed elastic media with applications in seismic engineering
Deepak R. Pant	D3	土木工学	Nonlinear response evaluation of seismically isolated buildings
Rachma M. Syam	D3	人間環境システム	Residents adaptation and adjustment of self built and donated post disaster housing
Patarapol Tantipidok	D3	土木工学	Predictive equation for the diagonal compressive capacity of reinforced concrete beams
Tuan N. Tran	D3	人間環境システム	Dynamic analysis of steel buildings subject to earthquake
Hussam E.Zaineh	D3	環境理工学創造	Seismic microzoning study for Damascus city, Syria
Mohamed Amrouche	D2	環境理工学創造	Determination of 2D shallow S wave velocity profile using waveform inversion of P-SV refraction data

Ittichai Boonsiri	D2	土木工学	A centrifuge study on the effects of tunnel -induced soil movements on the adjacent pile groups in sand
古川 陽	D2	情報環境学	断層破壊を想定した非等方性媒質におけるき裂進展解析および波動伝播解析
Lin Ke	D2	土木工学	Cyclic loading tests on internally eroded gap-graded soils
Xue Ma	D2	人間環境システム	A study on the planning method of disaster mitigation park system in China
周 友昊	D2	建築学	地盤が強非線形を示す地震時における杭基礎挙動の実験及び解析に基づく検討
沈 洋	D2	情報環境学	A nondestructive evaluation method for material's elastic property degradation in structures undergoing earthquakes
Parisara Thiravechyan	D2	人間環境システム	The effects of pounding and yielding on the seismic response of base isolated structures
Puvanai Wirojanapirom	D2	土木工学	The study on mechanical performance of connection joint between UFC and concrete composite structure
張 銳	D2	土木工学	Study on seismic performance of beam-column joint with application of engineered cementitious composites (ECC)
Sarun Chimamphant	D1	人間環境システム	Continued functionality performance for base isolated structures subjected to earthquakes
堀越 一輝	D1	土木工学	地下水浸透による盛土劣化現象に起因する耐震性低下に関する研究
松田 頼征	D1	環境理工学創造	制振構造における柱・梁・ガセットプレート接合部に関する研究
箕輪 健一	D1	建築学	耐震性能向上を目的としたシェル・空間構造物へのアクティブ振動制御の適用
水谷 友保	D1	環境理工学創造	首都圏の長周期地震動のシミュレーション
Thu Dung T. Nguen	D1	土木工学	Flexural strengthening of prestressed concrete beams with ruptured strands using externally bonded CFRP sheets
Mileyvi Selene Quispe Gamero	D1	環境理工学創造	Local Site Effects in Lima City, PERU
Xiangjie Zhang	D1	土木工学	Seismic performance of pile foundations with reinforcement of steel sheet-piles
張 忻銳	D1	人間環境システム	A method to estimate inclined layered medium combining SPAC method and seismic interferometry

#### グローバルCOE研究員(TA)

氏名	学年	専攻	氏名	学年	専攻
石田 孝徳	D2	環境理工学創造	鈴木 堅人	D1	人間環境システム
毎田 悠承	D1	人間環境システム			

#### 日本学術振興会特別研究員(グローバル COE)

氏名	学年	専攻	研究課題
地元 孝輔	D3	環境理工学創造	地震波干渉法による関東平野の3次元S波速度構造モデルの構築

#### 東京工業大学グローバルCOEプログラム

##### 「震災メカリスク軽減の都市地震工学国際拠点」メンバー

事業推進担当者： 時松孝次(拠点リーダー)、翠川三郎(サブリーダー)、二羽淳一郎(サブリーダー)、笠井和彦、川島一彦、竹内徹、山中浩明、北詰昌樹、小河利行、廣瀬壮一、大野隆造、盛川仁、高橋章浩、大佛俊泰、山田哲、竹村次朗、横山裕、坂田弘安、林静雄、朝倉康夫、元結正次郎、福田大輔、河野進、Stephen A. Mahin (PEER)、Ross W. Boulanger (PEER)

事業推進協力者： 大町達夫、和田章、五十嵐規矩夫、佐々木栄一、藤井晴行、松岡昌志、松田稔樹、室町泰徳、Anil Wijeyewickrema、梶秀樹、金箱温春、松田隆、丸谷浩明、David B. Stewart、奥山恭英、藤井聡、市村強、熊谷知彦、鈴木比呂子、竹山智英、松井良太、松田和浩、松本浩嗣、山崎義弘、Jack P Moehle (PEER)

#### 東京工業大学 都市地震工学センター

東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻内

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-M1-39

Tel:03-5734-3200

E-mail:office@cuee.titech.ac.jp