

「開発途上国の震災対策技術の向上および普及に関する研究」 (平成21年度～平成23年度) 評価書 (中間)

平成23年2月18日 (金)
建築研究所研究評価委員会
委員長 深尾 精一

1. 研究課題の概要

①背景及び目的・必要性

1. 近年の世界情勢の変化に伴い増加する研修対象国と高まる研修需要

世界経済の不均質な発展は、いわゆる中進国を中心に経済発展に伴う人口の都市への集中を生み、1980年代以前には地震防災をほとんど顧みる余裕を持たなかった諸国（例、バングラデシュ・ネパール・パキスタン・ニカラグア）からの研修の要望を生み出している。2004年に起こったスマトラ島沖の巨大地震とそれに伴うインド洋大津波は、自国では地震災害を経験したことのない諸国（例、スリランカ・マレーシア）にも地震・津波災害対策の重要性を認識させる契機となり、これらの国々からの研修への要望がなされるようになってきている。

また、旧ソ連の崩壊に伴って誕生した中央アジア・コーカサス諸国では地震と地震災害に関わる理学・工学にまたがる専門分野でも、旧ソ連時代の独自の体系から欧米流の研究・技術体系への移行が切望されている。

これらの研修への需要については、21世紀に入っても頻発している地震・津波災害（例、2004スマトラ・アンダマン地震（インドネシア、インド）、2008カシミール地震（パキスタン））などが不幸にも実証しており、国際地震工学研修の需要は内容を変えつつ21世紀の今も継続しており、地域によっては高まっている。

2. 世界をリードする日本の技術分野の研修への強い要望

地震学・地震観測技術分野では、広帯域地震計・デジタル観測技術等を応用した地震観測網が事実上の世界標準となり、それ以前のアナログ機器の標準技術を習得した諸国からも、これらの新標準技術に関する研修が要望されている。加えて、地震防災分野では、リアルタイム地震防災や緊急地震速報技術など以前には無かった研究・技術分野が育ち、地震・津波防災対策の要となる勢いを示している。東南アジア・中南米等地震災害が頻発する諸国からは、これら新しい技術分野についての研修が要望されている。

地盤振動研究分野では、リモートセンシング等の簡便であるが故に広域的な危険度の評価に優れるものの個別の敷地の危険度評価では精度の不足する技術分野から、微動アレイ探査等より精度の高い地球物理学的探査技術へ需要の中心が次第に移行してきている（例、エジプト・モンゴル・中国）。建設技術が未熟な開発途上国では、要求耐力の少ない地盤を選んで開発・建設を進めることが有効で、地盤評価技術の研修への需要が高まっている。

耐震工学分野では、途上国の都市部における人口の集中と建築物の高層化の二ーズに伴い、免震・制振構造や超高層のような最先端の建築構造技術に関する研修の要望が高まっている。また、耐震設計技術は、静的な地震力による弾性設計から動的な地震力による弾塑性設計に移行しており、等価線形化法やエネルギー法などの新しい設計手法や非線形構造解析技術の応用に関する研修が要望されている。さらに、我が国ではとくに阪神・淡路大震災以降、建築物の耐震診断・補強が数多く実施されており、その技術の研修に対する要望は極めて高い。

3. 国際地震工学研修の高い実績

国際地震工学センターが実施する国際地震工学研修は、1960年の開始当初から地震と地震災害に関わる理学・工学にまたがる専門分野での日進月歩の科学的知見・技術に合わせて研修内容を進歩させることを標榜し、たゆまぬ努力を続けてきた。その間に経済発展を遂げた国々はODA対象国からはずれ（例、韓国・ルーマニア）、また研修参加とJICA技術協力プロジェクトが実施されて技術移転が進み、関係機関が独

り立ちした国々（例、メキシコ・チリ）とは、研修生受け入れよりは共同研究を実施するようになった。また、研修生の多くが、各国の地震学・地震工学分野の指導者として活躍している（例、アジア地震学会初代会長のインドの Harsh Gupta 氏、包括的核実験禁止条約機関一元国際データセンター長のエジプトの Rashed Kebeasy 氏など多数）。

また、2008年5月の中国四川大地震を受けて、中国人研修生7名を受け入れるとともに、2009年度からは、新たに「中国耐震建築研修」を開始するなど、耐震分野の人材育成に積極的に取り組んでいるところである。

4. 研修の充実と強化のための技術開発の実施

国際地震工学センターでは、これまで国際技術ネットワークの構築として、ホームページ「ISEE-NET」を通じた情報発信により、国地研修レポートの電子化と公開、e-learning システムによる講義資料の提供、ニュースレターの発行、TV会議システムの導入など、開発途上国との直接的なコミュニケーションを可能にしてきた。

本研究課題では、これまでの実績と研修需要の変化を踏まえて、開発途上国との連携をより一層強化し、開発途上国の実情に即した震災対策技術の向上と耐震工法の普及に向けた研究開発を行っている。

震災対策技術としては、特に開発途上国の地震・津波ハザード（危険度）評価技術と建築物の耐震診断・補強技術について、開発途上国の実態調査と問題点の把握、技術向上のための具体的な技術支援の提案と発信を行う予定である。耐震工法の普及としては、開発途上国に多い枠組み組積造を対象に、開発途上国の建築工法の実態調査を行い、耐震工法の普及方策を提案する。

さらに、これらの研究成果を開発途上国の耐震技術者育成や国際地震工学センターの研修の充実と強化に生かすとともに、研究開発により得られた情報やノウハウについては、ISEE-NET に掲載して広く共有を図る。

②研究開発の概要

サブテーマ1：開発途上国の実情に即した地震・津波ハザード評価要素技術の向上のための調査および情報発信

国際地震工学研修への参加者・元参加者を通じて、震源決定手法、シナリオ地震設定手法、マイクロゾーン結果及び使われた評価手法などの技術の現状把握を行い、課題を整理する。とくに、現地のニーズに適した技術として、シナリオ地震設定方法と簡易な微動探査法の検討を行う。また、幾つかの開発途上国の地震・津波観測ネットワークに関する情報を収集し、地震・津波ハザード評価のために必要な、地震・津波に関する基礎情報データベースの整備を実施する。

サブテーマ2：開発途上国の実情に即した建築物の耐震診断・補強技術の向上のための調査および情報発信

途上国に典型的な枠組み組積造建物の解析モデルの開発を行うとともに、開発途上国の建築物の適した耐震診断と補強技術を検討し、いくつかの補強方法についてその効果を検証するとともに、国際地震工学研修・現地セミナー・ISEE-NET を利用した発信等による普及・人材育成を行う。

サブテーマ3：開発途上国の耐震工法の普及方策に関する調査および情報発信

アドベ造、レンガ造、石造、木造などの耐震性の低い在来工法の現況に関する基礎的データ（工法、生産体制など）の収集および国際会議を開催する。また、現地の職人を通じた技術普及方策を検討する。具体的には、2009年9月に地震被害を受けたインドネシアを対象に在来工法住宅の特性をふまえた実用的な被害予測プログラムの開発を行う。

③達成すべき目標

- ・ 開発途上国の地震・津波ハザードに関する情報の ISEE-NET での公開
- ・ 地震・津波ハザード評価技術の提案と発信
- ・ 開発途上国の建築物の耐震性や構造に関する情報の ISEE-NET での公開

- ・ 開発途上国の建築物の適した耐震診断と補強方法の提案と発信
- ・ 耐震性の低い在来工法の現況に関する基礎的データ（工法、生産体制など）の ISEE-NET での公開
- ・ 国際会議の開催

④達成状況

サブテーマ1：開発途上国の実情に即した地震・津波ハザード評価要素技術の向上のための調査および情報発信

1) シナリオ地震設定法の検討

高精度震源決定等によるシナリオ地震の設定：ミャンマーからの元研修生と、ビルマ沈み込み帯で発生する地震の高精度震源決定を行った。この成果を活用し発展させ、高精度再決定震源と発震機構の比較により求められた地震活動面を図示化し、プレート境界・活断層等と比較できるようにした。そして、ビルマ沈み込み帯の深部プレート形状（30km以深）の詳細を初めて決めた。これにより、ビルマ沈み込み帯におけるより現実的なシナリオ地震を設定することが可能となった。さらに実際にシナリオ地震を設定し、津波シミュレーションを行い、ミャンマー周辺の津波波高を計算した。これは、津波シミュレーションデータベースに反映されている。また、ミャンマーの主要な横ずれ断層である Sagaing 断層沿いの震源の再決定を行った。その結果、マグニチュード7クラスの地震発生が懸念される地震空白域2ヶ所を見出し、ミャンマー内陸のシナリオ地震を設定した。更に、フィリピン周辺で発生する地震について、津波シミュレーション用の震源パラメタ設定を行った。この成果は津波ハザード評価関連データベースに反映する予定である。

地震発生サイクルモデルに基づくシナリオ地震の検討：中国における活動度の高い Xianshuihe 断層の地震発生サイクルモデルの構築を行い、断層の曲がりにより地震破壊のセグメント化が生じることが示された。平成23年度は、パラメタスタディーを行い、実際の活動履歴と比較することでシナリオ地震の検討を行う。

以上の成果は、個人研修レポート研究に関わるもので、それらを活用あるいは発展させることで得られた。

2) 微動探査法の検討

第9回物理探査学会国際シンポジウム(2009年2月)及び第9回地震マイクロゾーンネーションとリスク軽減国際ワークショップに参加し、開発途上国からの参加者と議論・情報収集を行った。また、タイとメキシコの研究者を招聘し、開発途上国で必要な機材の仕様、方位平均を行わない SPAC 法と地震波干渉法に関する情報交換を各々行った。また、競争的資金への応募の可能性に関する協議を行った。これにより、開発途上国における、特に工学的基盤以浅の地盤評価ツールとしての、微動探査法への関心及び需要の大きさを確認した。また、国内で広く使用されている微動観測専用機材でも、微動の振幅レベルが低い開発途上国では役に立たない場合があること、この問題を回避するためには地震計（センサー部）自体の感度が高く、その自己ノイズが低いことが要求されることを確認した。また、現実的な問題として、自由度の高いアレイ配置（L型等）・安価な機材・現場での作業量の軽減が求められていることを確認した。

3) ISEE-NET における地震関連データベースの更新

被害地震のリストの更新・拡充：掲載国数を68から87に増やした。「世界の被害地震の表」の更新に伴い、被害地震のリストを更新した。

地震観測網及び地震活動のデータベースの更新・拡充（平成23年度に実施予定）。

4) 開発途上国の津波情報の収集と公開

津波観測情報の収集と公開：開発途上国の検潮所や海底津波計の設置状況・計画について観測情報（位置、所有機関、測定方式、記録方式など）を地図と表にまとめ、ISEE-NET で公開している。GLOSS (Global Sea Level Observing System)や DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of

Tsunamis)に登録済の観測点以外については、研修生を通じた情報収集を行った。現在、フィジー、インドネシア、マレーシア、ミャンマー、パキスタン、ペルー、フィリピンの7カ国の情報入力完了している。

津波ハザード評価のためのシミュレーション結果の公開：津波ハザード評価のためのシミュレーション結果のデータベース公開準備を進めている。モザンビーク、フィジー、ミャンマーにおける津波シミュレーション結果のデータベースへの入力作業が完了し、表示部分を検討・作成を行った。23年度以降、新たな津波シミュレーション結果を逐次データベースに追加する。

本データベースは修士（個人研修）レポート研究の成果を活用している。

5) 微動探査法に関する情報の発信と利活用

SPAC 法解析プログラム及び解説書（英文）を ISEE-NET で公開した。国際地震工学研修参加者の所属機関であるニカラグア国立自治大学地質工学研究センターをカウンターパートとした JICA-JSPS プロジェクトに協力し、同国首都マナグアにおける SPAC 法の適用性の検証の為に現地調査及びこれに伴う事前・事後の TV 会議システムによる研究打ち合わせを実施した。特に SPAC 法のアレイ形状に関する検討結果は、国際地震工学研修個人研修レポートの指導に活用された。

サブテーマ2：開発途上国の実情に即した建築物の耐震診断・補強技術の向上のための調査および情報発信

- 1) 世界各国の耐震情報として、耐震設計基準、耐震診断・補強ガイドライン、地震後の被災建築物の応急判定ガイドライン、地震マイクロゾーネーション・ガイドラインの有無や改訂年、入手方法などについて、元国地研修生や IAEE（国際地震工学会）メンバーを対象にアンケート調査を行い、耐震基準類の整備状況を分析した。また、2010年2月に発生したチリ地震では、高層の壁式構造の被害が顕著であったことから、被害原因について、チリの耐震規定や被害建物の設計図書等を入手して分析を行った。
- 2) ルーマニア、アルメニア、イランの研究者を招聘し、枠組み組積造建築物の耐震性評価と免震・制振部材を用いた補強に関する特別講義を実施し、情報を収集するとともに、今後の研究協力の打ち合わせを行った。
- 3) 枠組み組積造の壁要素の破壊実験結果をもとに、骨組解析に用いる復元力モデルを同定し、建物の地震解析ソフトウェア STERA3D に組み込んだ。このソフトウェアは、個人研修レポートに活用された。
- 4) 日本政府が実施しているエルサルバドルの TAISHIN（耐震）プロジェクトの実験結果を元に、非線形有限要素プログラムによる組積造建物の破壊シミュレーション解析を行い、破壊過程を高い精度で再現した。その成果は、個人研修レポートにまとめられている。（指導者：菅野俊介）
- 5) 開発途上国の建築物の免震補強技術の適用可能性の検討

ペルーの首都リマを対象に、ペルーの研修生と協力して、基礎固定の耐震構造と免震化した場合のそれぞれについて建築物の供与期間における地震損失コストを比較し、途上国でも免震技術がコスト的に適用可能であることを示した。その成果は修士（個人研修）レポートにまとめられている。

サブテーマ3：開発途上国の耐震工法の普及方策に関する調査および情報発信

- 1) アドベ造、レンガ造、石造、木造などの耐震性の低い在来工法の現況に関する調査を実施した。インド、インドネシア、トルコ、ネパール、パキスタン、ペルーにおけるノンエンジニアド住宅の構造安全性や建築材料、施工の品質等について情報を収集した。また、2010年2月26日に「途上国のノンエンジニアド住宅の地震被害軽減に関する国際シンポジウム」を開催し、在来工法住宅の現況調査結果を発表するとともに、各国のノンエンジニアド住宅の耐震性向上のための取り組みを紹介した。
- 2) 2009年9月に大地震の被害を受け、現在在来工法による復興住宅の再建が多数進められているインドネシアのパダン市及びその周辺地域を対象に、在来工法住宅の建設の実態調査および在来工法住宅の特性をふまえた実用的な被害予測プログラムの開発を進めている。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見とその対応（担当分科会名：地震工学分科会）

（1）所見

所見①

- ・研究の多くの成果を研修生の修士レポート指導に利活用していることが評価できる。

所見②

- ・説明資料の「背景・目的・必要性」は充実した記述になっている。

所見③

- ・研修終了後の研修生をフォローしての研究がなされていて評価できる。これをさらに充実させ、卒業後建研スタッフとコンタクトをとって本課題で研究が継続できるとよい。

所見④

- ・研修の定量的評価を明らかにするための研究活動も実施して欲しい。

（2）対応内容

所見③に対する回答

・研修生のフォローについては、政策評価・独立行政法人評価委員会の勧告もあり、定量的な評価を心掛ける。元研修生とのコンタクトを、毎月のニュースレターのほか、様々な情報交換や共同研究などで継続できるよう努める。

所見④に対する回答

・定量的な評価については、昨年実施した元研修生へのアンケート調査等をベースに、講師等への追跡調査も含め研修効果を計る。また、途上国の実情やニーズを踏まえた研究が計画・実施できるよう務める。

3. 全体委員会における所見

50年間続いてきた国際地震工学研修を支える研究として重要であり、研修に関する定量的な評価が求められるものの、研究については提案の内容に沿って継続して実施すべきという分科会の評価を支持し、全体委員会の評価としたい。

4. 評価結果

- A 継続研究開発課題として、提案の内容に沿って実施すべきである。
- B 継続研究開発課題として、内容を一部修正のうえ実施すべきである。
- C 継続研究開発課題として、中止すべきである。