

地球規模課題対応国際科学技術協力

(防災研究分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災科学技術」領域)

ペルーにおける地震・津波減災技術の向上に関する研究

(ペルー)

平成 23 年度実施報告書

代表者：山崎 文雄

千葉大学 大学院工学研究科・教授

<平成 21 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

本研究ではペルーにおける地震・津波災害の軽減を図るため、両国の研究者の強い連携のもと、地域特性を考慮した総合的な防災研究を実施する。具体的には、(1) 震源モデルによる地震動予測を行うとともに、地震観測や微動観測に基づいて地盤ゾーニングを行う、(2) 海底地形などを考慮した津波シミュレーションを実施し、その結果をまとめて津波減災対策を示す、(3) 建物現況調査を行うとともに、耐震補強効果を構造実験および数値解析で検討する、(4) リモートセンシングに基づいた空間基盤データ構築と災害把握手法を開発し、地震被害予測を実施する、(5) シナリオ地震・津波の被害予測結果にもとづいて、地域減災計画を作成する。

昨年度からプロジェクトが本格的に開始し、本年度も引き続き機材搬入・技術移転を行った。来年度にはプロジェクトの中間評価を控えており、各研究グループから一定の成果があがっている。地震動予測と地盤ゾーニンググループは、研究対象地域のリマ市、タクナ市で微動観測を行い、現地地盤構造の把握を行った。また地震計ネットワークの整備も完了し、現地での地震観測データの公開を行っている。一方、日本では短期研究生を2人受入れ、東北地方太平洋沖地震後の地盤被害調査を行い、地盤構造把握技術を移転した。津波予測と被害軽減グループは、2001年アレキパ地震での津波被害をもとに、津波伝播・遡上シミュレーションの妥当性を検証した。またシナリオ地震に対しシミュレーションを行い、津波ハザードマップを作成している。一方、現地では研究者・学生らを対象にセミナーを開催し津波シミュレーション技術を移転した。また日本で短期研究生を受入れ、人材育成にも力を注いでいる。それらの成果はすでに現れており、La Punta地区での津波避難計画に移転技術が使われている。建物耐震性の向上グループは、建物構造試験機材の現地搬入が終了し、本格的な実験が開始した。国内でも構造実験を行っており、過去の実験データと合わせ耐震データベースを構築している。またリマ市の総合病院など重要構造物で非破壊検査を実施し、耐震補強の必要性を検証している。日本では短期研究生を2人受入れ、大型構造試験技術を研修した。空間基盤データ構築と被害予測グループは、現地調査や衛星画像データを用い、研究対象地域の空間基盤データを構築している。またピスコ地震での建物被害状況をまとめ、地域特性を反映した地震被害予測法を検討している。博士課程学生を1名受け入れており、人材育成・技術移転を行っている。地域減災計画グループは、2011年9月にJoint Coordinating Committee、2012年3月にプロジェクトワークショップを開催し、プロジェクト全体の進捗状況を確認し、各研究機関と今後の計画について調整した。またINDECIやDHNなどペルー研究・行政機関と会談し、今後の方針について協議するほか、現地公開シンポジウムを開催することで、防災関係機関及び地域社会に対する地震・津波防災の啓発・普及活動を行った。

本年度はプロジェクトで延べ30に及ぶ論文発表、講演、新聞・テレビ報道が行われた。ペルーでの地震津波被害に対する関心は、東北地方太平洋沖地震後高まっており、現地公開シンポジウムにも多数の一般聴衆が訪れた。また博士課程留学生を2名、短期研修生を5名受け入れ、人材育成も積極的に行った。進捗状況の詳細は、ホームページ(<http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/index.html>)に掲載している。プロジェクトは計画通り進んでおり、来年度も更なる成果が期待される。今後ペルーの国勢、地域特性に沿った地震・津波に関する知見を取得し、地域減災計画の立案を目指す。

2. 研究グループ別の実施内容

2. 1. 地震動予測と地盤ゾーニング

①研究のねらい

ペルー沖のプレート境界地震の震源モデルを構築し、強震動を予測する。ペルーの地勢を反映した地盤分類手法を提示するとともに、リマ首都圏等を対象とする地盤構造の概要を明らかにし、マイクロゾーニングを実施する。また、リマ首都圏を対象に、ペルー沿岸を震源とするシナリオ地震を設定し、地震動予測結果を示すとともに、表層地盤によるハザードマップを GIS 上に構築する。

②研究実施方法

プレート境界における過去の地震活動度を調査してシナリオ地震の震源モデルを構築し、強震動を予測する。また微動観測を行うとともに、地震計ネットワークを拡充し地震観測を実施する。これらの結果を踏まえて、ペルーに適した表層地盤分類と地震動増幅度を提案し、リマ市などを対象に地震マイクロゾーニングを実施し、シナリオ地震に対する推定震度マップを構築する。さらに、斜面災害に対する調査を行い、危険度評価を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

昨年度にシナリオ地震を選定し、本年度は震源モデルの構築・地震動予測を行った。また研究対象地域のリマ市・タクナ市での微動探査も終了し、強震観測ネットワークの整備も完了したことから、表層地盤ゾーニングを行う準備が整った。今後予定しているボーリング調査・地盤探査と合わせて、研究成果をまとめることで、ペルーの地勢を反映した地盤分類手法を提示する。斜面災害に対する危険度評価は、現地調査を継続的に行っており、地形標高モデルとあわせ、研究を進めている。これらは計画通り進んでおり、現時点で全体計画の 60%の達成度である。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

微動観測に基づく表層地盤のS波速度構造の推定技術に関して、観測記録の処理法などの技術移転が完了しており、現在はペルー側のみで現地調査が可能となっている。また地震観測ネットワークが整備され、地震記録からの解析技術を移転している。人材育成では、CISMID から短期研修員を 2 人受け入れ、東北地方太平洋沖地震後の現地地震被害調査を行った。来年度から博士課程前期に長期研修員を、博士課程後期に国費留学生を 1 名ずつ受け入れる予定である。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

微動と強震観測に基づく表層地盤ゾーニングの研究に関し、ボーリング調査の契約がうまくいかず、来年度にずれ込む事となった。またボーリング調査の遅れを補うよう、深部地盤構造の調査を計画していたが、機材搬入の手続きに時間がかかり実施できなかった。一方、表層地盤の探査が終了し、強震観測ネットワークの整備も完了したことから、研究計画を調整することで、今後ボーリング調査等の遅れを補う行う予定である。

2. 2. 津波予測と被害軽減

①研究のねらい

ペルーの防災上考慮すべき津波モデルを設定し、津波の伝播・遡上の数値シミュレーションを行う。また、津波に対する脆弱性を総合的に評価するための知見整備を目指して、津波ハザードマップ作成のための技術要件の整備、人的被害軽減を目標とした土地利用施策、津波避難ビル等の緊急避難施設の設計指針等、相手国の研究者・技術者・防災担当者が利用できる技術基盤を構築する

②研究実施方法

ペルーにおける過去の津波履歴を調査し、本研究で想定すべき津波発生シナリオを検討する。また、海底地形データや沿岸地域の標高・地形データを収集・整備し、想定津波波源モデルに基づいた津波伝播・津波遡上シミュレーションを実施し、実際の津波被害の検証を行う。さらに、沿岸地域の土地利用調査に基づく、現実的な津波減災対策を提案する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

既往の津波履歴と被害調査を行い、Lima/Callao の浸水及び津波避難シミュレーションを行った。また海域陸域詳細地形モデルを作成中であり、来年度から DHN と共同で海域地形調査を行う。津波発生・伝播特性と津波災害の社会的影響の把握に関し、2001年アレキパ地震、2011年チリ地震、2012年東北地方太平洋沖地震を検証し、構造物データと被害関数を利用した被害評価モデルを作成した。今後はこれらと社会基盤データを合わせ、津波ハザードマップを作成する。これらの研究は計画通り進んでいる。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011年9月20日に「津波伝播・遡上シミュレーション」セミナーを CISMID で開催した。セミナーには CISMID, IGP, DHN, サンマルコス大学から多数の方が参加した。また東北大学で短期研修生を1名受け入れ、東北地方太平洋沖地震の津波被害調査を行った。現在 DHN で津波警報に用いる津波予測カタログを作成しており、技術移転の効果が表れている。また Callao の浸水シミュレーション結果が現地の津波避難計画でも参照されており、地域減災計画の立案に成果を上げている。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

東北地方太平洋沖地震が起こったため、本年度前期の予定が遅れた。一方で、短期研修生らと東北地方津波被害調査を実施することで技術移転を行い、研究成果も上げている。また日本での地震被害は海外でも知られており、ペルー国内での津波被害に対する関心も高まっており、La Punta 区との意見交換や DHN との共同調査に発展している。

2.3. 建物耐震性の向上

①研究のねらい

組積造建物の耐震性評価のための情報を整理したデータベースを構築するために、既往の構造実験データや文献等を収集・整理するとともに、ペルーの建物を対象とした構造性能調査や構造実験を実施する。また、データベースに基づく構造解析モデルを開発して、シナリオ地震に対するペル

一の建物の被害予想を行う。また、ペルーに多い歴史建造物や世界遺産についても、地震に対する保護と耐震性の向上について検討する。

②研究実施方法

既往の構造実験データや文献等の収集、組積造部材の構造実験の実施、ペルー建物の構造性能調査を行い、それらの結果をデータベースに整理する。また、部材の力学モデルの開発と、モデルを組み入れた構造解析を実施し、地震時の建物性能を明らかにするとともに、地震時被害予測や耐震診断・補強のための手法を確立する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

現在構造実験・建物調査を行うことで、耐震データベースを構築している。CISMID での建物構造実験は、2011年11月に機材導入が終了し、2012年2月に実験が開始した。また横浜国立大学での建物構造実験も計画通り進んでいる。耐震診断・補強技術の移転に関し、リマ市の総合病院など詳細な診断・補強を行う建築物を選定し、構造図面の分析がほぼ終了した。現在はそれらの分析にもとづき非破壊検査を用いた耐震診断を行っている。今後は耐震補強技術の検証実験を行い、補強計画を提案する予定である。歴史的建築物の耐震化技術に関しては、国際学会で報告するなどすでに成果を上げており、ほぼ終了した。研究計画は予定通り進んでおり、全体計画の40%の達成度である。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011年11月、2012年2月に現地研究者とともに構造実験の機材設置・調整、及び実験を共同で行った。また建築物耐震診断も共同で行っており、研究・実践の両側面から技術移転を行っている。一方、人材育成も積極的に行っており、現在博士課程後期に国費留学生を1名受入れている。2012年1月には短期研修生を2名受入れた。また来年度には長期研修生を1名受入れる予定である。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

構造実験を実施するにあたり、日本側とペルー側の安全対策の違いが浮き彫りとなった。今後は構造実験安全マニュアル等の作成を検討し、技術面以外での支援を行う。

2.4. 空間基盤データ構築と被害予測

①研究のねらい

地震・津波リスク評価のための空間基盤データベースとして、リモートセンシング技術を利用して、建物台帳データおよび地形・標高モデルを構築する。また、各種の人工衛星データを組合せた地震・津波被害検出手法を開発し、実地震の被害データとの比較により、ペルーの地域特性に適合するものへ改良する。これらを用いてシナリオ地震に対する被害予測を行う。

②研究実施方法

衛星画像やGISデータ等を用いて、検討対象地域に対する建物データベースと標高・地形モデルの構築を行う。また、既往被害地震の前後の衛星画像や空中写真を用いて被害検出を行い、現地調査結果と

比較して被害把握手法を検証する。これらのデータを用いて、シナリオ地震に対する被害予測を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

空間基盤データの構築として、リマ市・タクナ市の衛星画像データ(ALOS/PRISM)を用い、数値標高モデル(DSM)を作成している。また高分解能衛星画像や国勢調査統計データおよび DSM を用いて、市街地における建物高さの情報を含む建物棟数分布図を作成している。被害把握手法の検討として、2007年ピスコ地震前後の衛星画像を用いて被害検出を行い、現地調査結果と比較して被害把握手法の適用性について検討している。それにもとづき、来年度はシナリオ地震に対する被害予測を行う。研究計画は計画通り進んでおり、全体計画の40%の達成度である。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011年9月中旬にリマ市・タクナ市において、CISMID およびタクナ私立大学の研究者らと共同で現地調査を行った。調査では空間基盤データの基礎データを収集するとともに、供与した分光放射計を用い地震・津波被害想定地区の分光特性を観測した。今後もリモートセンシング技術の利活用に関する指導・討議を行いながら、被害予測法に関する技術移転を行う予定である。また博士課程後期に国費留学生を1名受入れており、人材育成も行っている。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)とくになし。

2.5. 地域減災計画

①研究のねらい

ペルー側と共同で、地域特性を考慮した地震津波災害に対する地域減災計画を立案し、防災行政機関や地域社会への教育・普及活動を行う。また全課題を通じて、参加研究者とペルー防災行政関係者が強い連携と情報共有を実現することにより、ペルーにおける地震・津波の防災研究・防災施策を推進するための組織を構築し、本事業終了後もフォローアップする。

②研究実施方法

ペルーの地域計画・都市計画の実態を調査するとともに、実被害地震からの復興計画や復興状況を把握する。各研究グループの成果をまとめて、検討対象地域の地域減災計画へ適用し、ペルー側と共同で防災行政機関や地域社会への教育・普及を図る。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

2011年9月にCISMIDでJoint Coordinating Committee(JCC)を開催し、プロジェクトの進捗状況の確認と今後の研究計画についてペルー側と合意した。またCISMIDで公開シンポジウムを開催し、東北地方太平洋沖地震の被害について講演することで、地震津波減災技術に関し幅広く啓発・普及活動を行っている。また2012年3月にはプロジェクトワークショップを開催し、プロジェクトの進捗状況を確認し、今後の予定を討議した。今後の研究計画および地域減災計画の立案は、ペルー社会の支援ニーズ

と整合させていかなければならないため、DHN や INDECI など各共同研究機関と連携を強化し進めていく。研究計画は計画通り進んでいる。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2011 年 9 月の JCC では、プロジェクトの技術移転、人材育成について報告し、一定の評価を得ている。また東北地方太平洋沖地震に関する公開シンポジウムを開催し、120 人以上の参加者が出席し、日本側とペルー側の情報交換を行った。2012 年 3 月のプロジェクトワークショップ、国際シンポジウムでは、16 名のペルー人研究者を招へいた。今後も引き続き、我が国の減災技術について情報交換し、啓発・普及活動を行う予定である。またプロジェクトの進行とともに、ペルー防災関連機関との連携は強まっている。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)とくになし。

3.成果発表等

(1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 1 件, 国際 2 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 5 件, 海外 2 件)
- ③ 論文詳細情報(著者名, 発表論文タイトル, 掲載誌)

Diana Calderon, Toru Sekiguchi, Shoichi Nakai, Zenon Aguilar, Fernando Lazares: Study of Soil Amplification based on Microtremor and Seismic Records, Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol.12, No.2, 2012.5.

Nelson Pulido, Yuji Yagi, Hiroyuki Kumagai and Naoki Nishimura, 2011. Rupture process and coseismic deformations of the February 2010 Maule earthquake, Chile, Earth, Planets and Space, 63, 955-959., 2011.12

Diana Calderon, Fernando Lazares, Zenon Aguilar, Toru Sekiguchi and Shoichi Nakai: Estimation of Deep Soil Profiles in Lima Peru, Journal of Civil Engineering and Architecture, 5, pp. 618-627, 2011.7.

越村俊一, 萱場真太郎, 1993 年北海道南西沖地震津波の家屋被害の再考 -津波被害関数の構築に向けて-, 日本地震工学会論文集, 第 10 巻, 第 3 号, pp. 88-101, 2010. 5.

松崎志津子, 山崎文雄, ミゲル・エストラーダ, カルロス・サバラ, QuickBird 衛星画像を用いた 2007 年ペルー・ピスコ地震の建物被害把握, 地域安全学会論文集 No.13, pp. 407 - 413, 2010. 11

庄司学, 谷裕典, 2006 年ジャワ島南西沖地震津波における家屋被害の検証, 土木学会論文集 B2(海岸工学) Vol. 66, No. 1, pp. 286-290, 2010. 11.

丸山喜久, 松崎志津子, 山崎文雄, 三浦弘之, Miguel Estrada, 2010 年チリ地震に関する広域被害分析に向けた GIS の構築, 土木学会地震工学論文集, Vol. 66, No. 1, pp. 377-385, 2010. 12.

(2) 特許出願)

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件, 海外 0 件, 特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件, 海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1)「地震動予測と地盤ゾーニング」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 中井 正一 (千葉大学・教授)

②研究項目

(Plan of Operation (PO) や Master Plan の項目によって箇条書きまたは数行程度に記載下さい。)

ペルー国での海溝型巨大地震のシナリオ設定に関しては, 千葉大学, 防災科学技術研究所, IGP と共同で行っている。また調査対象地域の地震動・地盤変状予測に関しては千葉大学, 東京工業大学, CISMID と共同で行っている。

(2)「津波予測と被害軽減」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 越村 俊一 (東北大学・准教授)

②研究項目

シナリオ地震による調査対象地域の津波被害の予測, 減災に役立つ技術開発に関し, 東北大学, 筑波大学, UNI, DHN の共同で行っている。

(3)「建物耐震性の向上」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 斉藤 大樹 (建築研究所・上席研究員)

②研究項目

ペルーの建物特性に適応した耐震診断・補強技術の開発に関し, 構造実験・材料実験は主に建築研究所, 横浜国立大学, CISMID の共同で, また歴史建造物の診断補強は秋田県立大学, ペルー文化庁の共同で行っている。

(4)「空間基盤データ構築と被害予測」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 翠川 三郎 (東京工業大学・教授)

②研究項目

調査対象地域の地理情報整備に関し, またシナリオ地震による調査対象地域の地震被害予測, 減災技術開発に関しては東京工業大学, 千葉大学と CISMID, タクナ私立大学の共同で行っている。

(5)「地域減災計画」グループ(研究題目)

①研究者グループリーダー名: 山崎 文雄 (千葉大学・教授)

①「研究項目

調査対象地域における地震・津波防災への取組み促進に関して, 千葉大学, 東京工業大学, 立命館大学, 筑波大学, CISMID, INDECI の共同で行っている。

以上