

1. 案件名

国名：ブータン王国

案件名：ブータンにおける組積造建築の地震リスク評価と減災技術の開発

Project for Evaluation and Mitigation of Seismic Risk for Composite Masonry Buildings in Bhutan

2. 事業の背景と必要性

（1）当該国における耐震建築セクターの開発実績（現状）と課題

ブータンでは、首都をはじめとする一部の市街地で地上5階までを上限とする鉄筋コンクリート建築と2階建てまでの煉瓦建築がみられる以外、ほとんどの民家と公共施設が版築あるいは割り石積みで工学的なバックグラウンドのない人々によって建てられている。こういった伝統建築は地震に弱く、過去には、ブータン東部（2009年9月21日M6.1）とインドーネパール国境地域（2011年9月18日M6.9）で発生した地震により、国内の多くの版築・石積建築が倒壊・半壊した。また、2015年4月25日のネパールでのゴルカ地震においても、震源地が離れていたものの、大きな揺れを観測した。そのため、耐震性能向上のための施策が不可欠との認識が官民に広がっている。

既に2009年の地震直後から、閣議決定により組織されたテクニカルワーキンググループなどが、版築・石積建築の耐震性能向上指針の作成を試みてきた。しかしそれらは、被災建物の復旧を主たる目的とした緊急対策的なもので、ブータン建築の構造特性を理解することなくインド等の海外の既存の指針を流用しており、地域に適した長期的な災害管理と建物の安全性確保を目指すには十分とは言えない。また、地震発生時の入力地震動も未知数で、耐震性能レベルの期待値を設定する根拠が不明瞭である。さらに、施工上の課題に対する検討が不十分なため、実際の施工において補強部材の有効性を犠牲にしたり、誤った現場の解釈で耐震性能をかえって減じたりする工事が行われる結果が散見されている。

ブータンの地震災害軽減のためには、工学的実験と構造解析に基づく実効性のある耐震化指針の作成とその普及を軸とし、地震観測・調査によって得られる知見やブータンの社会的・経済的諸事情を踏まえた総合的アプローチが有効であり、それに対する科学技術支援が不可欠である。

これらを踏まえ、内務文化省災害管理局は、地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）案件として、ブータンの版築・石積建築に関する実効性のある耐震化指針の作成を軸とし、既存の災害管理行政の枠組みをベースに様々な教育プログラムを開発・実施して、包括的な地震減災を実現するためのブータン政府の能力強化を目的とするプロジェクトの要請・申請を行った。

（2）当該国における防災セクターの開発政策と本事業の位置づけ

2013年から施行されている「第11次5カ年計画（2013～2018：Eleventh Five Year Plan）」では、災害への強靭さを考慮した建築物の建設促進が強調されており、工学的な技術を適用した

建築物の普及率を向上させることにより、災害リスクの軽減を目指していくことが謳われている。また、同計画で示される「災害準備・応答・救済にかかる能力強化プログラム」では、災害に対する備えの強化、災害リスクの軽減、災害への強靭さにかかるインフラ整備を進めていくことが明記されている。さらに、「災害管理条例」では、災害管理制度の強化、災害リスク軽減の主流化およびコミュニティ参加に基づいた災害管理の統合・調整を進めていくこととなっている。具体的には、災害管理政策枠組みの規定、災害管理にかかる国家基準・指針・標準実施要領の策定、災害管理教育・能力強化プログラムの開発・実施、標準研修モジュール・カリキュラムの整備、災害管理にかかる研究実施支援などを遂行することとなっている。したがって、伝統的な複合組積建築物に対する地震減災に向けた政府関係機関の能力強化を目指した本プロジェクトは、同国の5カ年計画および災害管理条例の方針・内容に合致している。

(3) 防災セクターに対する我が国及び JICA の援助方針と実績

2015年5月策定「対ブータン王国国別援助方針」では、重点分野の一つとして、「脆弱性の軽減」を定めている。また、2013年3月策定の JICA 国別分析ペーパーでは、右重点分野への対応として、協力プログラム「気候変動対策・防災対策」を設置しており、本事業は右プログラムに位置付けられる。防災セクターにおける JICA 支援の実績は以下のとおり。

<シニア海外ボランティア>

- 1) 2012年から2015年にかけて、内務文化省災害管理局に「地理情報システム (GIS) 技術支援」ボランティアを派遣し、災害防止のための GIS を利用した災害実績図と災害予測図の作成等の支援を行った。
- 2) 2013年から2015年にかけて、ティンプー市役所に「防災災害対策」ボランティアを派遣し、ティンプー市における地域防災計画の策定、実際の防災・災害対策の実施等の支援を行った。

(4) 他の援助機関の対応

- 1) 世界銀行の日本開発政策・人材育成基金プロジェクト (PHRD) の一環で、減災・復興プロジェクトとして地震リスクに対する強靭性の強化の取り組みが2015年6月から2016年8月にかけて行われている。具体的には、版築建築に対する補強方法の提案と一部検証実験を行うことで耐震化指針作成のための基礎データの蓄積を図るとともに、版築建築の耐震化のためのガイドラインの作成に取り組んでいる。また、地震リスクをより理解するための調査とマッピングに取り組んでいる。
- 2) 世界銀行による“Bhutan: Hydromet Services and disaster resilience regional project”は、3.8 Mill USD の予算で2020年6月30日まで実施予定。成果として、災害対応センターの整備、気象観測、航空気象観測、洪水予警報の能力強化、農業気象観測等が想定されている。
- 3) 国連開発計画 (UNDP) による「Thimphu Valley Earthquake risk Management Project, 2005」
- 4) UNDP による「Preparatory Assistance for Disaster Management, 2005」
- 5) UNDP (日本の資金) による「Earthquake Risk Reduction and Recovery Preparedness for Bhutan, 2010」

3. 事業概要

(1) 事業目的

本事業は、①複合組積建築物の地震リスク診断、②同建築物の建設・補強にかかる耐震技術の開発、③耐震技術にかかる普及体制の強化を進めていくことにより、同建築物の地震に対する政府関係機関の減災能力が強化されることを目的とし、もって同建築物の減災にかかる耐震技術の全国普及に寄与するものである。

(2) 事業スケジュール（協力期間）

2017年4月～2022年3月（計60ヶ月）

(3) 本事業の受益者（ターゲットグループ）

【直接】内務文化省災害管理局（15名）、経済省地質鉱山局（18名）、内務文化省文化局（36名）、公共事業省技術支援局（45名）等の技術者

パイロット地域の地方政府職員、技術者、職人、住民

【間接】ブータン国民

(4) 総事業費（日本側）

約3億円

(5) 相手国側実施機関

内務文化省災害管理局（DDM）：研究総括、関係機関調整、住民教育、避難行動周知

内務文化省文化局（DOC）：実験、施工・補強法の確立、耐震化指針作成

（公共事業省 技術支援局（DES）と協働）

経済省地質鉱山局（DGM）：地震観測網構築・地震研究

内務文化省災害管理局（DDM）：運用、施工者教育

(6) 国内協力機関

名古屋市立大学（研究総括）

防災科学研究所、京都大学、日本大学、香川大学、東北大学

(7) 投入（インプット）

1) 日本側

① 日本人研究者等の派遣

チーフ・アドバイザー／組積構造

地震工学

地震学

建築材料・施工

耐震工学

構造工学

グラフィック・視覚デザイン

業務調整派遣計画（常駐1名）

② 機材

耐震技術開発：静的加力ジャック、振動台、材料試験装置、3D レーザー・スキャナ、レーザー変位計システム、加速度計測システム

地震ハザード評価：テレメータ地震観測機器、オフライン地震観測機器、震度観測ネットワーク機器、可搬型微動アレー観測機器、微地形調査用無人航空機（UAV）

③ 本邦研修

2) ブータン側

① カウンターパートの配置

プロジェクト・ダイレクター（DDM 局長）

プロジェクト・マネージャー（全体の調整：DDM）

プロジェクト・マネージャー（成果1の担当：DGM）

プロジェクト・マネージャー（成果2の担当：DOC）

プロジェクト・マネージャー（成果3の担当：DDM）

カウンターパート（DDM、DOC、DGM および DES の主要な担当スタッフ）

② 日本から調達する大規模機材を除く機材の設置、運営維持管理

③ カウンターパートに係る人件費、旅費、日当、宿泊等

(8) 環境社会配慮・ジェンダー平等推進・平和構築・貧困削減・社会開発

1) 環境に対する影響/用地取得・住民移転

① カテゴリ分類（A, B, C を記載）：C

② カテゴリ分類の根拠

本事業は「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」（2010年4月公布）に掲げる影響を及ぼしやすいセクター・特性及び影響を受けやすい地域に該当せず、環境への望ましくない影響は最小限であると判断される。

2) ジェンダー平等推進・平和構築・貧困削減

2015年4月のネパールの地震から明らかのように、大きな被害を受けるのは組積造の住宅であり、特に地方では石積みに泥目地という建物が多く、倒壊率も極めて高い。これらの建物の耐震性能の向上が必須であるが、地方は峻険な山岳地帯であり、アクセスが悪く現金収入の限られた人々は、周辺で入手可能な材料を利用して、自分たちで住宅を建設する。工業的な基礎知識がない人々が建設する住宅は、工学的知見に基づかない地域の職人や住民自身が建設を行うことから“ノンエンジニアド”住宅とよばれるが、こういった住宅は耐震性に劣り、地震で真っ先に被害にあうことは過去の歴史が証明している。

本プロジェクトでは、こういった人々が地震により受ける被害を最低限とするために必要な住宅の構造や補強策等にローカルマテリアル等を利用して安価に実現できるモデルを模索し、指針としてまとめ、普及することを意図するものであることから、貧困削減に貢献するものと位置づ

けられる。

また、住民対象の普及活動等では、その実施場所や時間等で男女の行動差等を考慮して、裨益者のジェンダーバランスに配慮し、社会的包摂性を考慮する。

3) その他

本プロジェクトは、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）の以下に貢献するものである。

11. b 2020 年までに、包含、資源効率、気候変動の緩和と適応、災害に対する強靭さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組 2015-2030 に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の策定と実施を行う。

11. c 財政的及び技術的な支援などを通じて、後発開発途上国における現地の資材を用いた、持続可能かつ強靭（レジリエント）な建造物の整備を支援する。

(9) 関連する援助活動

① 我が国の援助活動

上記 2. (3)

② 他ドナーの援助活動

世界銀行の地震リスクに対する強靭性の強化の取り組みは、現行のプロジェクトが終了する 2016 年 8 月以降に次期フェーズが検討されている。次期フェーズが開始されると、本プロジェクト成果の全国への普及活動が促進される可能性がある。

4. 協力の枠組み

(1) 協力概要

1) 上位目標

複合組積建築物の減災にかかる耐震技術が全国で普及される。

指標：

- ① 耐震化ガイドラインの内容が、ブータン建築基準（BBR）に記載される複合組積建築物の「構造」部分に統合される。
- ② 耐震技術を活用した複合組積建築物に関する研修および普及プログラムが全国 20 県で実施される。
- ③ 耐震技術を活用した複合組積建築物にかかる政府奨励策が 2025 年までに策定される。
- ④ 新築複合組積建築物に対し、耐震化される同建築物の割合が 2027 年までに XX% 以上に達する。

2) プロジェクト目標と指標

ブータンにおける複合組積建築物の地震に対する政府関係機関の減災能力が強化される。

指標：

- ① 地方政府職員および地元技術者・職人を対象にして、政府関係機関が科学的な知識に基づいた適切な指導を行う。

② 耐震技術に関する研究成果が海外（英語）及び日本国内での国際/地域学会誌で受理/発行される。

3) 成果

成果1：複合組積建築物の地震リスクが診断される。

成果2：複合組積建築物の建設・補強にかかる耐震技術が開発される。

成果3：耐震技術にかかる普及体制が強化される。

5. 前提条件・外部条件

(1) 前提条件

主要機関の関係者（DDM、DOC、DGM、DES など）は、複合組積建築物の地震減災の必要性について理解し、協力する。

(2) 外部条件（リスクコントロール）

1) プロジェクト目標達成のための外部条件

- ・ ブータン国で治安が悪化しない。
- ・ 地震、洪水などの自然災害がプロジェクト活動に甚大な影響を与えない。

2) 上位目標達成のための外部条件

- ・ 地震災害管理にかかる国家政策の方向性が継続的に維持される。
- ・ 供与機材の維持管理コストや人材がブータン政府によって確保される。
- ・ 本プロジェクトで育成されたエンジニア/テクニシャンが各担当部署で業務を継続する。

6. 評価結果

本事業は、ブータン国の開発政策、ニーズ、日本の援助政策と十分に合致しており、また、計画の適切性が認められることから、実施の意義は高い。

7. 過去の類似案件の教訓と本事業への活用

(1) 類似案件の評価結果

ペルー国における SATREPS 案件「ペルーにおける地震・津波減災技術の向上プロジェクト（2010年3月～2015年3月）」中間レビュー調査によれば、ペルー国関係機関の高いイニシアティブにより、各関係者の役割が整理され、防災政策に研究成果を導入するための提案が行われたとのことである。特に、関係者会議を通じて、研究成果の社会実装に向けた方向性や指針を共有したことが有用であったとしている。

(2) 本事業への教訓

上述の結果を受けて、本プロジェクトにおいても、耐震技術の全国普及に向けた関係者会議を定期的に開催することにより、複合組積建築物の地震減災にかかる方向性や指針、各関係機関の役割などを共有し、社会実装を行う上で必要な普及体制を整備・強化していく。このように、各関係局間の協働関係を構築し、プロジェクト活動の円滑な運営を目指す。

8. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる主な指標

4. (1) のとおり。

(2) 今後の評価計画

事業終了3年後 事後評価

(3) 実施中モニタリング計画

事業開始後 各年度に一度開催する Joint Coordinating Committee (JCC) における実施機関との合同レビュー

事業終了時 終了前 JCC における実施機関との合同レビュー