

# ノンエンジニアド住宅の地震被害軽減方策に関する研究

## -学際的, 業際的, 国際的なアプローチの提案-

### Study on Strategies for Safer Non-engineered Houses

#### -A Proposal of Inter-disciplinary, Inter-sectoral and International Approach-

榎府龍雄<sup>1</sup>, 石山祐二<sup>2</sup>, 今井弘<sup>3</sup>, 安藤尚一<sup>4</sup>, 田阪昭彦<sup>5</sup>, 松崎志津子<sup>6</sup>,  
クリシュナ・プリバディ<sup>7</sup>, アモッド・マニ・ディキシット<sup>8</sup>,  
ナジブ・アーマド<sup>9</sup>, カイザル・アリ<sup>10</sup>, アーメット・トゥレー<sup>11</sup>  
Tatsuo NARAFU<sup>1</sup>, Yuji ISHIYAMA<sup>2</sup>, Hiroshi IMAI<sup>3</sup>, Shoichi ANDO<sup>4</sup>, Akihiko TASAKA<sup>5</sup>,  
Shizuko MATSUZAKI<sup>6</sup>, Krishna S. PRIBADI<sup>7</sup>, Amod Mani DIXIT<sup>8</sup>, Najib AHMAD<sup>9</sup>,  
Qaisar ALI<sup>10</sup>, Ahmet TURER<sup>11</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人国際協力機構

Japan International Cooperation Agency (JICA)

<sup>2</sup> 北海道大学名誉教授

Professor Emeritus, Hokkaido University

<sup>3</sup> NPO法人SNS国際防災支援センター

SNS International Disaster Prevention Support Center

<sup>4</sup> 独立行政法人建築研究所

Building Research Institute (BRI)

<sup>5</sup> 国土交通省大臣官房官庁営繕部

Government Building Department, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

<sup>6</sup> NPO法人都市計画・建築関連OVの会

Ex-Volunteers Association for Architects (EVAA)

<sup>7</sup> バンドン工科大学

Bandung Institute of Technology (ITB)

<sup>8</sup> ネパール地震工学協会

National Society for Earthquake Technology Nepal (NSET)

<sup>9</sup> プレストン大学

Preston University

<sup>10</sup> 北西フロンティア州ペシャワール技術工科大学

North West Frontier Province University of Engineering and Technology Peshawar

<sup>11</sup> 中東工科大学

Middle East Technical University (METU)

Reducing earthquake disasters in non-engineered houses is an acute issue because they are a main cause of human casualties. Since non-engineered houses differ from engineered houses in many respects, we conducted a comparative study and clarified the characteristics of the former. Based on this study, we found that a comprehensive approach covering a wider field of activity and effort was necessary as users/dwellers of non-engineered houses are low income people and a professional housing supply sector usually does not exist for such houses. This paper indicates the items to be tackled in reducing earthquake disasters in such dwellings, and proposes an inter-disciplinary, inter-sectoral and international approach, which covers all the items.

**Keywords :** *non-engineered houses, earthquake disaster reduction, comprehensive approach, inter-disciplinary, inter-sectoral, international*

## 1. 研究の背景, 概要, 目的

### (1) 背景

開発途上国では毎年のように地震により甚大な被害を蒙ってきている。2010年1月のハイチ地震は、最近の史上最大級の事例<sup>(1)</sup>である。その被害の特徴の一つは、多くの人命が失われることで、主要な原因は一般住民が

居住している住宅の倒壊である。これらの住宅のほとんどは、地域で入手できる材料を使い、工学的な知識の十分でない地域の職人や住民自身が建設を行うもので、工学的な関与が少ないことからノンエンジニアドと呼ばれることが多い<sup>(2)</sup>。甚大な被害を繰り返してきているという状況にも拘らず、このようなタイプの住宅を対象とした研究開発の取り組みは多くない。国連国際防災戦略

(UNISDR United Nations International Strategy for Disaster Reduction) の 2004 年度の報告「Living with Risk」では、この状況を「地震の際に最も多くの人命を奪うノンエンジニアド住宅の倒壊は、皮肉なことに最も少しか工学専門家の関心を引かない」と記述している。

筆者らは、これまで、地震被災地の現地調査、復興支援プロジェクト、耐震技術の開発・普及プロジェクトなどに参加し、ノンエンジニアド住宅を対象とする活動に取り組んできた<sup>(3)</sup>。また、これらの経験を共有、活用して、地震被害軽減のための国際的な共同研究を実施してきた<sup>(4)</sup>。これらの活動の中で、ノンエンジニアド住宅は、工学技術者が設計、施工などに関与する住宅（エンジニアド住宅）とは、多くの側面において特性を異にしており、このことを前提とした被害軽減のための取り組みが必要であるとの共通認識の下に、そのあり方について議論を重ねてきた。本稿は、その成果をとりまとめたものである。

## (2)これまでの取り組みの概観

ノンエンジニアド住宅に関する研究は、前述のとおりエンジニアド住宅に比較して乏しいが、いくつかの国において取り組まれてきている。また、こうした成果を活用した耐震技術の普及の取り組みも長年にわたり続けられてきている<sup>(5)</sup>。

パイロットプロジェクトも種々行われているが、その中で、長年にわたるアドベ住宅に関する研究成果を踏まえた南米地域における耐震アドベ住宅普及のためのプロジェクト（実施主体：ドイツ技術公社（GTZ）、企画・提案：南米地域地震工学センター（Ceresis）、技術協力：ペルー・カトリカ大学により、国連防災の10年（IDNDR）のデモンストラーションプロジェクトとして、1994-99年に実施された）が、代表的なものの一つである。南米地域6か国20地区において、各地区3棟以上の既存住宅の補強を行い、労働者、一般市民に対するトレーニングを併せて実施するものである。その後、2001年アレキパ地震の復興事業に引き継がれ、複数のドナーの支援により約500戸が建設された<sup>(6)</sup>。さらにその後も連続としてプロジェクトは継続され、2007年ピスコ地震復興住宅建設へと引き継がれてきている。GTZへの著者によるヒアリングによればプロジェクトによる建設以外にも、耐震工法の採用はほとんどなく、このため、2009年時点においては、プロジェクトに参加した技術者・職人が同工法を広める活動を行うことができるよう、参加者が企画、実施するモデル住宅建設に対する助成制度を盛り込んだ取り組みを進めているとのことである。

日本では、東京大学目黒公郎教授による取り組みが特筆される。同教授は、PPバンドを使った補強方法を開発し、国際会議などで情報発信を行うとともに、イラン、パキスタン、インドネシア、中国などで、ワークショップの開催、モデル住宅の建設・展示などを行い普及に努力されている。また、2段階で住宅所有者に補強のインセンティブを与える方式や独自に考案された地震保険制度を利用した耐震補強推進のための仕組みのモデルの提案もされている<sup>(7)</sup>。

また、国連国際防災の10年事務局（IDNDR）により実施されたRADIUSプロジェクトでは、地震防災対策の最も期待される主体である、地方政府とコミュニティが中心になって、各都市における地震被害シナリオの策定と、危機管理計画と行動計画の策定を行った。ケーススタディ参加9都市において、関係者の意識向上に成功し、策

定した計画の実現の努力が行われるなど大きな成果をあげている<sup>(8)</sup>。

世界地震安全推進機構（WSSI: World Seismic Safety Initiative）は、国連国際防災の10年の活動を支援するため、国際地震工学協会（IAEE: International Association of Earthquake Engineering）が実施している地震工学分野の研究者を中心とした活動であり、世界13カ国の参加者のネットワークを形成している。国際ワークショップの開催、各国の活動の支援などを行うほか、特徴的な活動として、地震防災の取り組みが立ち遅れている国の、政府要人や大学の権威などのキーパーソンを対象にしたハイレベルミーティングを行い、防災対策への取り組みを促すことを行っている<sup>(9)</sup>。

## (3)本研究の位置づけ及び目的

前述のとおり、①これまで各国において補強方法の開発とその普及のための取り組みが長年にわたり続けられてきている ②しかしながら、補強方法が一般住宅にも普及し地震被害軽減が実現するには至っていないことから、今後、より多くの方々の参画により被害軽減のための取り組みが行われることが必要である ③その場合、各地域は、利用可能な材料、政治的、社会的、文化的に固有の条件を有していることから、各地域における最適の方法を探し出していくことが必要であると考えられる<sup>(10)</sup>。また、ノンエンジニアド住宅については、その特徴から、被害軽減を実現するためには、工学分野以外の幅広い取り組みが必要であり、また、開発途上国の低所得層対策という側面については、開発途上国支援についてのこれまでの長年の蓄積の活用が期待されることが、これまでの取り組みのレビューから明らかになってきた。即ち、ノンエンジニアド住宅の地震対策は、地震防災分野の課題であると同時に、「開発途上国の住宅対策」、「開発途上国の低所得層対策」の課題の一つとしても捉えられる。そしてこの課題の難しさの原因は、保健衛生、教育、居住環境などの分野の開発途上国の低所得者対策と共通しているものがあると考えられる<sup>(11)</sup>。

このため、これまでの事例調査や著者らの活動からの教訓に加えて、開発途上国の低所得層の居住環境、貧困削減の長年の蓄積をもとに、国内、国外の多くの参加者、協力者との意見交換<sup>(12)</sup>などから、今回、新たな試みとして、ノンエンジニアド住宅の特性の整理を行い、これを踏まえた耐震技術とその普及方策のあり方についての検討を行った。本研究は、これらの検討による、本課題の対象とすべき分野の広がりや明確化とそれらすべてをカバーする総合的なアプローチについての提案により、今後の研究開発や各種のプロジェクトの企画立案と地震被害軽減の実現の一助とすることを目的とする。

## 2. ノンエンジニアド住宅とエンジニアド住宅との比較

### (1)住宅の特性

地域で入手できる材料により建設されるノンエンジニアド住宅は、地域により様々である（写真1）。石材や木材が調達可能な地域ではこれらが主要な材料となる。乾燥地域では、アドベなどの土を乾燥させた材料を使う方法が広く採用されている。レンガやコンクリートブロックが普及している地域ではこれらが使われている。ノ

ンエンジニアド住宅に関するまとまった出版物の草分けであり、現在でも国際的に最も活用されている、国際地震工学協会（IAEE International Association of Earthquake Engineering）の「耐震的なノンエンジニアド住宅のガイドライン」（1986年）では、ノンエンジニアド住宅を「自然発生的でインフォーマルな形で、建築家や技術者の職能の関与なしに（過去の地震時の観察や技術的な判断に基づく推奨に従うことはある）、伝統的な方法により建設されるもので、曖昧な定義しかできない」と説明している。このように多種多様で明確な定義の困難なノンエンジニアド住宅であるが、その中に共通する特性が指摘できる。

これを工学技術者の関与の下に建設される住宅（エンジニアド住宅）との比較で整理したのが、表1である。この表から、両者の違いは、工学技術に関わる側面に留まらず、建設に携わる職人、労働者や居住者などの経済社会的な側面にまで及んでいることが分かる。



写真1 種々の材料によるノンエンジニアド住宅の地震被害  
 左上：アドベ（ペルー） 右上：石（パキスタン）  
 左下：レンガ（インドネシア） 右下：枠組レンガ組積造（インドネシア）

表1 ノンエンジニアド住宅とエンジニアド住宅との比較

事項	エンジニアド住宅	ノンエンジニアド住宅
材料	品質管理された材料中心	地域で調達可能な材料中心
工事施工者	熟練	非熟練（住民の場合もある）
技術者の関与	設計、施工等の各段階	ほとんど無し
居住者	比較的所得が多い	比較的所得が少ない

## (2) 生産体制（住宅供給セクター）

エンジニアド住宅について、施工者／労働者、材料／部材メーカー、住民／ユーザーとの関係を示したものが図1である。施工者／労働者と材料／部材メーカーは、住宅建設に関する工学的な技術を共通基盤として、住宅の建設を共通の目的とするセクターを形成している。日本の住宅メーカーのように、一体的にこれを行っているものもある。

一方、ノンエンジニアド住宅の場合には、図2に示すように、材料／部材供給者や施工者／労働者はいずれも住民／ユーザーに近いところに位置している。多くの材料、部材は、通常同一のコミュニティやその周辺地域で生産されている。アドベ（日干レンガ）は、住民自身が製作することが一般的であり、木材、石材なども自力調達されることは珍しくない。施工も、コミュニティ住

民や親戚・知人などの中の実験者に依頼し、建設作業には周辺住民や家族・親戚が参加することが多い。ノンエンジニアド住宅が建設されている開発途上国においても、住宅に関する建設技術は存在する。富裕層の住宅建設には、建築家、構造技術者が参画し、工学技術に基づいた住宅（エンジニアド住宅）の建設が行われていることが多い。しかしながら、これらの技術者がノンエンジニアド住宅の建設に関わることは稀である<sup>(1,3)</sup>。

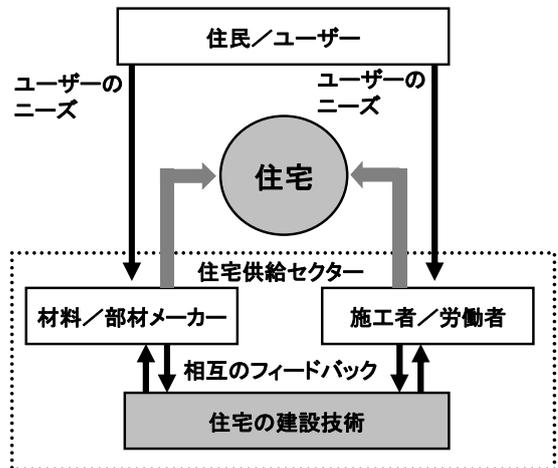


図1 エンジニアド住宅に関わる主体の関係

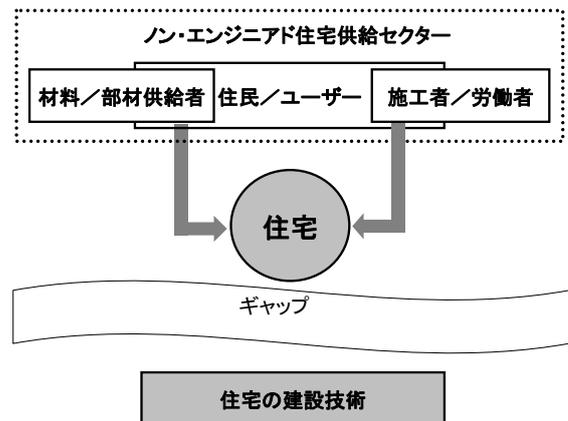


図2 ノンエンジニアド住宅に関わる主体の関係  
 材料／部材供給者や施工者／労働者と住民／ユーザーが重なる（住民が、材料製作や施工を行う）ことは珍しくない

## 3. ノンエンジニアド住宅の地震被害軽減方策に関する考察と総合的なアプローチの提案

### (1) ノンエンジニアド住宅の建設環境に即した方策の必要性

前述のとおり、住宅の特性や生産体制において、ノンエンジニアド住宅はエンジニアド住宅とは大きく異なっている。このため、地震被害軽減方策を検討する場合、工学技術者の関与を前提とした、先進国や開発途上国富裕層の住宅についての方策の適用ではなく、その特性に即した方策を検討する必要がある。

その際、実際に住宅が建設される現場の作業環境の把握が必要である。図3は、インドネシア、アチェにおけ

る、2004年インド洋津波・地震災害の復興住宅建設のために国際機関が作成した図面の一部である。従来、現地ではこうした庶民住宅<sup>(14)</sup>について、技術者が設計図書を作成すること自体無かったことであり、エンジニアド住宅の方法を導入することにより耐震性向上を図ろうとするものである。しかしながら、建設現場にまでこうした設計図書が届いている例は残念ながら多くなく、設計図書による技術の普及という方法に限界があることを示している。

また、図3に見るとおり、設計図書では、RC部材の主筋を曲げて、一定の長さを接続する他の部材の断面の中に挿入するように指示をしている。写真2は、建設現場の状況であり、図面の指示は守られていない。RC部材接合部での主筋の抜けは地震による建物倒壊の主要な原因の一つであり、重大な被害に直結する極めて重大な問題である。従来こうした問題は、施工者の技術力の不足やモラルの低さによるとされるが多かった。しかしながら、写真3のように手作りの簡単な道具のみで現場で曲げ加工し、足場なしで施工するため地上で主筋をボックス型に組み立てて所定の位置に置くという施工法では、図面が求めるような施工は困難である。この点について図面の作成者（国際機関から業務を受注したインドネシアのコンサルタント会社の技術者）に質問したところ、「我々は設計を依頼された。それを大学や留学先で教えられたとおりに実施している。設計どおりに施工するのは施工者の責任である。」との回答であった。更に、

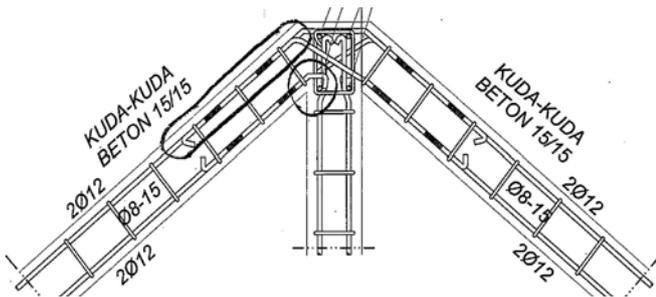


図3 インドネシア、アチェの災害復興住宅の設計図書の例



写真2 アチェの復興住宅の建設状況



写真3 アチェの復興住宅の建設作業の実態

設計どおりの施工は現場では困難ではないかとの問いに対しては、鉄筋の曲げは簡単な作業であり可能であると思いついでいる者、実情は知りながら教えられたとおりに業務をこなしているものなどそれぞれであった。一方、現場の施工者の多くは、訪問者に対して自分たちの施工上の工夫を自慢し、コメントを求めたり、日本の施工法を学ぼうとするなど、良好な施工への意欲を持っている。このような建設現場の実情を踏まえないことによる問題は残念ながら種々見かけられる。ノンエンジニアド住宅についての検討は、建設現場の環境に即して行うことが必要である<sup>(15)</sup>。

## (2) 被害軽減のための技術の開発と普及

被害軽減を実現するためには、ノンエンジニアド住宅についての実情を踏まえた、現場で実施可能な耐震技術の開発と、それを現場の職人、労働者に採用してもらえるように普及を図ることの2点が基本と考えられる。

### ①現場で実施可能な技術の開発

開発途上国に対する技術協力において、先進国の技術ではなく、現地の実情にあった技術（appropriate technology：適正技術と称されている）が必要との主張がなされて久しい。これを受けて、現在では多くの分野で現地の研究者、技術者に業務を依頼することが一般的となっている。しかしながら、これらの専門家は図2に示すとおり、ノンエンジニアド住宅の建設に関わることは少ない。そのため、その実情についての知識、情報は充分ではなく<sup>(13)</sup>、彼らに任せるだけでは本来の意味での適正技術は開発できない。

ノンエンジニアド住宅についての適正技術は、現場の制約条件（廉価な材料、簡易な道具など）の下で、技術レベルの高くない職人が理解し実施できるようなものである必要がある。また、低所得層の発注者でも経済的に手が届くような低コストのものである必要がある。こうした難しい条件を満たす技術の実現のためには、調査、研究と、これらに基づくパイロット事業の試行、そしてそのレビューの繰り返しなどの多くの試行錯誤が必要と考えられる<sup>(16)</sup>。

### ②技術の現場への普及

先進国では、通常、住宅に関する技術は、技術基準、ガイドラインなどにまとめられ、設計者、施工者などの住宅供給セクターの技術者がそれを習得することや、建築基準行政の形での地方政府による住宅供給セクターへの働きかけにより普及が図られる。一方、開発途上国のノンエンジニアド住宅の場合には、住宅供給セクターは地域の職人が主体であり、出版物などによる技術情報提供が十分機能しないのは前節のアチェの設計図書の普及の例に見る通りである。また、行政サービスは一般的に充分でないうえ、ノンエンジニアド住宅は数は多いものの、規模が小さく、行政にとって重要な施策対象とはなりにくい。こうしたことから、技術の普及は大変困難な課題となっている。

## (3) 総合的なアプローチの必要性

ノンエンジニアド住宅の住民は低所得層が多く、住宅は彼らにとり極めて高額な資産である。中高所得層についても、住宅取得のために融資、利子補給などの支援が行われているが、ノンエンジニアド住宅の場合にはその必要性は更に高い。また、これらの住民は、言語の障壁や公的な書類作成の経験がないことが多く、経済的な面以外での支援も必要としている場合が多い<sup>(17)</sup>。

また、耐震工法を検討するための前提である、種々の住宅タイプ毎の特性の把握も充分ではない<sup>(18)</sup>。さらに、それぞれの地域での地震リスクの把握もクリティカルな課題である。ノンエンジニアド住宅は、材料、施工者の技術力等の制約から高い耐震性の実現は困難であることから、その立地地域の科学的に把握されたリスクに基づく、必要かつ十分な耐震性の設定は切実な課題である。

さらに、限られた資源、人材で、全世界に膨大に存在するノンエンジニアド住宅の被害軽減を進めるための工夫も重要な課題となっている。ノンエンジニアド住宅の地震被害軽減を実現するためには、上述のような多様な側面をカバーする総合的なアプローチが必要と考えられる。

#### 4. 学際的、業際的、国際的なアプローチのフレームの提案

##### (1) フレームの提案に至る経緯と狙い

筆者らの国際共同研究の議論の中で、ノンエンジニアド住宅の被害軽減のためには、工学技術のみでは不十分であり、長年の開発途上国の低所得層の居住環境対策や貧困削減のためのプロジェクトの経験、教訓の蓄積を活用した、学際的、業際的、国際的なアプローチが必要との結論に至った。そして、そのフレームを提示することにより取り組むべき分野の広がり示すことは、今後の研究開発、被害軽減のプロジェクトの企画立案に有益との共通認識に基づき、図4に示すフレームと表2の項目及び細項目（これらについては、本章の「(3) フレームの構成及び各項目の概要」において詳述している。）を取りまとめた。

##### (2) これまでの取り組みとフレームの項目との関係

1. (2)でレビューを行った取り組みの多くは、地震工学、地震学などの専門家が自らの専門知識を被害軽減に役立てようとするものである。ドイツ技術公社等による南米地域における取り組みも、耐震工法を普及するという、図4のCとDの取り組みである。長期間の取り組みの後、現時点では、これまでの経験を踏まえて、表2のD1の供給者サイドへの普及方策の工夫（プロジェクト参加者が実施するモデル住宅建設に対する助成制度の導入）を行おうとしていることは前述のとおりである。目黒教授による取り組みも同様に、耐震工法を普及しようという取り組みであるが、独自に考案された2段階のインセンティブや保険制度を活用した仕組みの提案など、E1の経済的支援にまで範囲を広げている。それらの提案は、工法の普及が継続することを狙った意欲的な提案であり、今後の成果が目玉される<sup>(19)</sup>。

RADIUS プロジェクトは、各地方政府の行政範囲全体についての、地震被害シナリオの策定と、危機管理計画及び行動計画の策定を行うもので、対象も、道路、電気、水道などのインフラなど全ての被害を対象にしており、ノンエンジニアド住宅耐震化に特化した図4のフレームとはレベルの異なるものである。即ち、図4のノンエンジニアド住宅問題を含む当該都市の地震リスク全体についての関係主体の理解を高め、対策への取り組みを促そうというものである。なお、RADIUSを契機として、参加各都市において、都市のマスタープランへの防災対策の盛り込み、防災担当部局の創設や学校の耐震補強など

様々な活動が惹起されたが、住宅対策に直接関係するものは確認されていない。RADIUSにおいて、行政担当者、研究者、市民代表、地元企業、ジャーナリストなど多様な主体の参加を得たことが有効であったとされているが、これは防災対策の特性を示すもので、表2のE4協力体制整備の提案と相通じるものであると思われる。

WSSIも、地震対策全般を対象とするもので、図4のフレームとは異なるレベルのものである。特徴的な取り組みである各国におけるハイレベルミーティングなどの働きかけにより、種々の活動が実現している。それらの動きは、図4及び表2との関係では、地震工学関係学会の設立はB及びC、地震観測ネットワーク形成はA、耐震基準の構築と採用はC及びD1に関する活動が惹起されたものと理解できる。また、国際的なネットワークを重視していることは、表2においてF学際的、業際的、国際的なプラットフォームが必要であるとしていることと同趣旨であると考えられる。

低所得層の居住環境対策では、コミュニティの活性化とその改善意欲を重視している。そのため、住民の意識を高めるための種々の活動やそれを支援する専門知識を有するファシリテーターの導入を行っている。こうした方法は、アチェ、ジョグジャカルタなどの震災復興住宅建設において活用され、有効に機能している<sup>(20)</sup>。このことは、住宅耐震化において、D2需要者サイドへの普及方策というアプローチが有効であることとそのためにファシリテーターのような社会的支援(E2)が必要であることを確信させる。また、居住環境改善を阻んでいる居住権などの問題に対処しながら、総合的な対策を進めるという方針は、E2社会的支援、E3低所得対策などとの連携が、住宅の耐震化についても必要であることに思い至らせる。

貧困削減のプロジェクトは、保健衛生、教育水準向上など幅広い分野で展開されているが、それらの取り組みからの教訓として、貧困層の声を反映させること、そのためNGOの参加や、地方行政を中心としたネットワークが必要であるとされている。また、収入の維持・向上が重要であり、そのために貧困削減に資すると思われる産業の特定と育成が必要とされている<sup>(21)</sup>。こうした教訓は、表2のE2、E4、Gが、住宅の耐震化を進める上でも有効であることを示唆している。

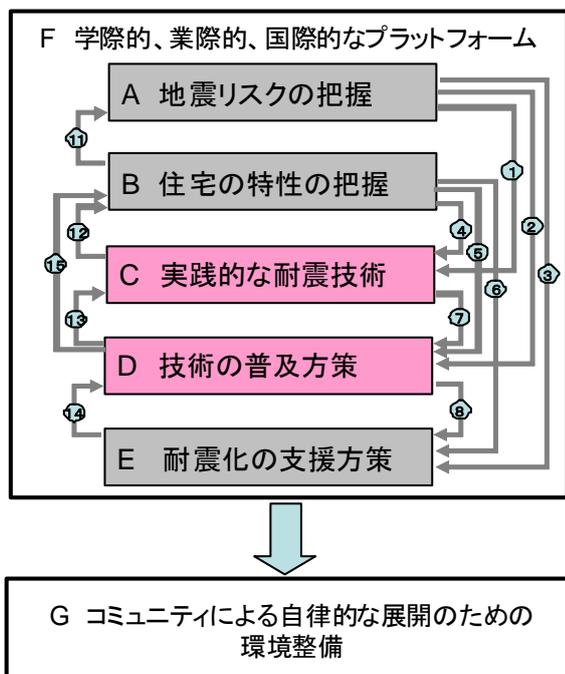
このように、図4及び表2は、これまでの住宅耐震化の取り組みのカバーしている項目に加えて、これと同様の要因が阻害要因となっていると考えられる、低所得層の居住環境対策や貧困削減対策の分野の蓄積から学び取れるものを加味して形作られたものである。

##### (3) フレームの構成及び各項目の概要

フレームの各項目は相互に深く関連しており、その関係を図4に付記している。また、各項目、細項目についての、所要の取り組み、関係分野と開発途上国、ノンエンジニアド住宅を取り巻く状況を表2に整理した。各項目の概要は以下の通りである。（記述の順序は、主要な項目である耐震技術と普及方策から始め、以降、順次、密接に関連する項目へ移っていくこととしている。）

###### ① 実践的な耐震技術（図4及び表2のC）

地震被害軽減を実現するための中核的な項目である。耐震工法(C1)については、実際の施工者を想定する必要がある。工学知識が不十分な場合に備えて、多くのドナーは簡潔なガイドラインを作成し、現場の施工者の分



①想定地震動
②地震リスク認識のための想定地震リスク
③地震リスク認識のための想定地震リスク
④耐震技術開発のための住宅特性情報
⑤技術普及方策検討のための住宅特性情報
⑥支援方策検討のための住宅特性情報
⑦普及対象となる技術情報
⑧普及方策と整合した支援方策検討のための情報
⑪地震リスク把握の精緻化のための住宅特性情報
⑫耐震技術の施工性などを検証するためのフィードバック
⑬普及方策の有効性を検証するためのフィードバック
⑭支援方策の有効性を検証するためのフィードバック
⑮普及方策の有効性を検証するためのフィードバック (施行者の技能との整合等)

図4 学際的、業際的、国際的なアプローチのフレーム

かりやすさや、公用語が使えない、あるいは識字自体ができないなどの状況も想定しながら、イラストを多用するなどの工夫をしたマニュアルなどの作成を行っている。これをさらに進めて、公式の建築基準を小規模の住宅に限定して簡易なものとするという取り組みがインドネシアでおこなわれており、注目に値する<sup>(22)</sup>。

構造工学からのみではなく、C2 の材料、部材の改善も重要な課題となっている(写真4)。また、C3 の施工の水準確保も大きな課題となっている(写真5)。

②技術の普及方策(図4及び表2のD)

開発途上国のノンエンジニアド住宅については、先進国の方法は多くの場合機能しないことから、種々の方法が試みられている。職人に実際の作業をしてもらいながら技術を覚えてもらうトレーニングはいくつかの国で試みられている。それを大規模かつ効率的に実施するため、トレーニング講師養成のトレーニング(TOT Training of Trainers)と養成された講師による講習の展開という取り組みも行われている。

住宅の需要者サイドへの技術普及も試みられている(D2)。発注者である住民に対して耐震技術の基本を知ってもらう活動(写真6)などである。ノンエンジニアド住宅の場合、住宅建設が住民に近いセクターで行われ、また、住民の余裕時間が多いこともあり、住民は頻りに建設現場を訪問する機会が多い。そうした際に、住民自身に施工者に対して働きかけてもらおうという狙いである。

同様の趣旨から、住民の支援のために雇用されるハウジングファシリテーター<sup>(20)</sup>に対するトレーニングも実施されている。



写真6 簡易振動台を使った耐震構造の効果のデモンストレーション

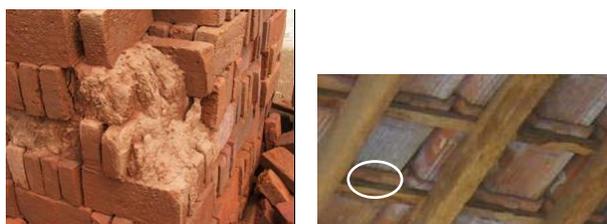


写真4 インドネシアにおけるノンエンジニアド住宅の材料  
左：雨で溶けた焼成の不十分なレンガ 右：小さな突起により棧に引っ掛けるだけの瓦(地震時に簡単に落下する)



写真5 インドネシアのノンエンジニアド住宅の施工状況  
左：壁の向こうまで透けて見える目地  
右：鉄筋が露出しているRC柱

③耐震化の支援方策(図4及び表2のE)

住宅の耐震性を高めるための建て替えや補強は多くの費用を要することから、融資、補助、材料の提供などの経済的な支援が行われている。(E1)

経済的な支援に加えて、住民が支援制度にアクセスすることに対する支援も必要である。低所得層は、公的な制度と関わりなく生活している場合が多く、支援制度の存在を知る、申請書を入手し作成する、申請書を提出して手続きを進めるといった制度へのアクセスは、住民のみでは困難な場合が多い。公用語を使えない住民も少なからず存在する。さらに、こうした階層は居住している土地についての権利が明確でない、居住地移動の制限をしている国では居住権を有していないなどの問題を有している場合も多い。こうした、住宅建設に到達するまでの種々の問題に対して住民をサポートすることも必要である。(E2)この点は、エンジニアド住宅の場合には必要とされない事項のため、認識されにくく、留意が必要である。

地震災害復興住宅の場合には手厚い助成がなされる一

表2 学際的、業際的、国際的なアプローチの関連項目

項目	細項目	所要の取り組み	関係分野	開発途上国及びノンエンジニアド住宅を取り巻く状況(先進国、エンジニアド住宅との比較など)	
A	地震リスクの把握	1 発生想定地震	それぞれの地域に被害をもたらす可能性のある地震の規模、頻度等の把握	地震学、地質学	開発途上国では、活断層、地震活動などの情報の蓄積が不十分なため、地震発生想定把握が不十分
		2 想定地震動	発生地震波の伝播、対象地域の地盤等による増幅等を想定した地震動の想定	地震学、地質学、地盤工学、地震工学	開発途上国では、地質学、地盤工学、地震工学の蓄積が不十分で、想定地震動の把握が不十分
		3 建物被害のリスク	想定地震動により引き起こされる被害リスクの把握	地震工学、建築構造	ノンエンジニアド住宅の実態に関するデータはほとんどなく、リスク把握は不十分
B	住宅タイプ毎の特性の把握	1 構造特性	地震時の挙動に大きな影響を及ぼす事項についての特性の把握(階数、補強材、水平耐力要素、部材強度、荷重、部材接合部強度、脆弱破壊を起こす部位の特定など)	建築構造	ノンエンジニアド住宅は従来工学の研究対象とされることは少なく、蓄積は不十分
		2 材料、部材	構造材料、部材とその特性(強度、靱性、品質のばらつきなど)の把握	建築材料	それぞれの地域の材料、部材であり、ばらつきが大きく(エンジニアド住宅の材料のような規格、品質基準などの適用は通常ない)、実情把握が不十分。
		3 施工方法	施工手順、使用工具などの施工法の把握と施工精度の想定	建築施工	調査対象とされることが少なく、蓄積は不十分。
		4 施工者の技能	施工者の技能の実情の把握	建築施工	調査対象とされることが少なく、蓄積は不十分
C	実践的な耐震技術	1 耐震工法(設計、施工等)	B対象住宅タイプの特性の把握をふまえた、耐震性を向上させることができる構造設計、施工工法などの耐震工法の開発	建築構造、建築施工	従来工学の研究対象とされることは少なく、蓄積は不十分
		2 材料、部材の改善	耐震性向上に効果が見込める材料、部材の改善	建築材料、建築施工	従来工学の研究対象とされることはほとんどなく、蓄積は不十分
		3 施工水準確保の方策	施工精度向上、施工効率向上に資する工具、機器等の導入、施工手順の改善などによる耐震性向上	建築施工、建築生産	従来工学の研究対象とされることはほとんどなく、蓄積は不十分
D	技術の普及方策	1 供給者サイドへの普及方策	建設職人、労働者(住民の場合を含む)、材料・部材製造者、同流通業者などの住宅供給サイトへの働きかけ(これらに対する行政による指導のための働きかけを含む)	技術教育、技術普及・訓練、部材開発、資材流通、建築基準行政	エンジニアドで一般的な住宅供給セクター(建設会社、設計者、材料・部材メーカーなど)を通じての技術普及(技術基準提供、建築許可制度など)の方策は有効ではない。通常の場合、行政等の関与はほとんど行われていない
		2 需要者サイドへの普及方策	住民及びその家族、地域コミュニティのキーパーソン、ハウジングファシリテーター、NGOなどの住民支援者などの需要者サイドへの働きかけ	防災教育、コミュニティ防災	住宅分野では全般に取り組みが不十分(ノンエンジニアド、エンジニアドともに)
E	耐震化の支援方策	1 経済的支援	住宅の耐震性向上に必要な経済的な負担に対する、融資、補助金、材料支給などの支援	コミュニティ開発、貧困層対策	執行体制(地方政府、民間金融機関など)、住民の理解能力などの制約から、エンジニアドのような複雑な制度(融資など)の適用は困難
		2 社会的支援	経済的支援制度や建築許可制度へのアクセスのための多方面の支援(場合により、土地の権利、居住の権利などの問題解決を含む)	コミュニティ開発、貧困層対策	ノンエンジニアドでは、住民が契約手続、行政手続に不慣れであり、必要性が高い。土地利用権、居住権などの問題がある場合も多い。
		3 低所得層対策などとの連携	公衆衛生、居住環境改善、地域開発などの他の目的からの同一対象層に対するアプローチとの連携	コミュニティ開発、貧困層対策	低所得層対策はこれまで種々の視点からの取り組みがある。一部にはシェルター対策が含まれているが、耐震性の視点は希薄。
		4 協力体制整備	E1.E2.E3の実施を担う、当該国政府、援助機関、技術者(コンサルタントなど)、NGOなどの連携のための体制の整備	開発援助、国際協力、NGO活動	現地事情に精通した者の協働が必要。低所得層が対象になる場合は、意欲と経験を有する者(NGOなど)の参加が不可欠。
F	学際的、業際的、国際的なプラットフォーム	困難、かつ、これまでの蓄積が不十分な課題に対する取り組みを進めるための、経験、教訓の共有のための国際的なプラットフォームの確立	本表「関係分野」のすべての分野	エンジニアド(特に先進国)の場合には、各国において、行政、関係機関・団体、実務者等との必要とされる情報共有の関係が整備されている。ノン・エンジニアドでは、これらの者の関与自体がほとんどない状況。当該分野のプロジェクトは、個別にプロジェクトに必要とされる範囲の取り組みを単独に進めている状況。	
G	コミュニティによる自律的な展開のための環境整備	耐震化がより少ない資源で自律的、継続的に展開をしていくための環境の整備(耐震化の活動が、雇用機会の拡大、地域経済活性化などに繋がっていくような仕組みの導入)	開発援助、国際協力、NGO活動	援助機関コミュニティにおいて、多くの分野共通で自律的な展開の必要性が認識されている。エンジニアドでは、市場メカニズムが機能することが期待できる。	

方、短期間に住宅建設を行う必要があることから、E1 と E2 とを一体的かつ効率的に行うことが求められる。さらに地震被害を繰り返さないためには、「D 技術の普及方策」との連携も重要となる。

地震防災は、発生頻度の高い風水害や干ばつ、低所得層の日々の問題となっている不安定な収入、失業の不安などと比較して、高い優先度を持ちにくい課題である。また、援助機関による支援も、被災後の復興住宅を除くと、地震防災を中心にした取り組みの事例は多くない。こうしたことから、公衆衛生改善、居住環境改善、コミュニティ開発など他のテーマによるプロジェクトの中での住宅建設との連携を図ることが期待される (E3)。この方向は、援助コミュニティの近年の潮流である、開発などの取り組みに防災の視点を取り込むという方向に合致するものである<sup>(23)</sup>。

住民に対する支援は、主に地元地方政府とそれに雇用される現地コンサルタントが担ってきているものであるが、地方政府に十分な財力、執行能力がない場合が多く、中央政府、さらには海外の援助機関の支援が不可欠な場合がほとんどである。また、こうした主体がそれぞれ業務執行のためのコンサルタント、専門家などを雇用している。片や、施策対象の低所得層は、政府の施策による恩恵を受ける経験が少なく、逆に、徴税、不法行為（不法占拠、居住地制限の違反など）の取り締まりなどで敵対的な状況に立たされることもあり、行政に対しては必ずしもオープンではない。また、支援の円滑な実施のためには住民の価値観、生活様式などを熟知し、親身になって活動できる者が必要である。こうした役割の多くを、低所得層を対象に活動をしてきている現地の NGO が担ってきている。

支援の実施に当たっては、これらの立場を大きく異なる数多くの主体の協力が必要であり、そのための協力体制整備は、その成否を左右する重要な課題である。

(E4)

また、この支援方策 (E) は、対象層が低所得層であることから特に重要となっているが、当該階層は開発途上国支援のほとんどの分野において主要な対象となっており、長年にわたって努力が積み重ねられてきている他の分野における支援方策に関する経験、教訓の活用も期待される。

④住宅タイプ毎の特性の把握 (図 4 及び表 2 の B)

耐震性向上の方策を検討する場合、対象の住宅タイプの実態と特性の把握は基本である。特に、地域毎に材料、工法が異なるノンエンジニアド住宅を対象にする場合は不可欠といえる。これまでの耐震性能に関する蓄積の多くは、地震後の現地被害調査によっており、必ずしも十分ではない<sup>(24)</sup>。また、建築構造面以外も、材料等の特性やその製造、流通プロセス、施工方法（手順、使用工具など）、施工者の技能レベルなども重要なインプットである。さらに、こうした実態把握の中で得られる労働者の雇用形態、収入、モチベーションなどについての情報は、技術の普及方策 (D)、耐震化の支援方策 (E) などを考える上でも貴重な情報となることが期待できる。これらの建設現場の実情は、エンジニアド住宅の建設方式をノンエンジニアド住宅の現場に導入すれば被害軽減が図られると考える技術者にとっては、消滅させるべきものであり、その把握を行うことの意義自体が認識されることは少なく、これまでは現場の問題点を指摘するための短時間の現場視察が行われる程度の状況である。

⑤地震リスクの把握 (図 4 及び表 2 の A)

各地域の地震リスクの把握は、そもそも地震防災対策が当該地域で必要かどうかを決める出発点である。また、耐震技術を検討する上でも必須の要件である。特にノンエンジニアド住宅では、種々の制約から高い耐震性能の実現は困難であり、また、科学的な地震リスクの明示は、関係主体が地震防災対策に取り組むためのインセンティブの基盤であり、技術の普及 (E) を進める上でも不可欠な情報である。

地震リスク把握に関する、地震学、地質学、地盤工学や地震観測データなどの蓄積についても開発途上国は十分ではなく、地道な積み重ねが必要となっている。特に、建物のリスク (A3) の把握に必要なノンエンジニアド住宅に関するデータ（特に、地震に対する脆弱性に関する、構造材料、補強材の有無、階数、屋根架構など）は、開発途上国ではほとんど整備されておらず大きな課題となっている<sup>(25)</sup>。

⑥学際的、業際的、国際的なプラットフォーム (図 4 及び表 2 の F)

上記の項目 A～E の記述から明らかなように、ノンエンジニアド住宅の被害軽減を実現するためには、学際的、業際的な取り組みが必要である。また、これまでの蓄積の乏しく、取り組んでいる主体も限られているノンエンジニアド住宅の被害軽減に関しては、限られた成果をできるだけ広く共有し、有効活用を図ることが求められ、そのための世界規模でのプラットフォームが期待される。これまでこのような役割を果たして来たのは主に工学研究者コミュニティの中の構造工学分野の専門家によるものであるが、今後は、材料、施工などの他の工学分野や社会科学分野や実践活動家、政府、援助機関などが加わることが必要である。特に、開発途上国の低所得層対策のノウハウを蓄積している分野との連携を重視することが必要である。

⑦コミュニティによる自律的な展開のための環境整備 (図 4 及び表 2 の G)

改善を必要とする全世界のノンエンジニアド住宅には膨大なものがあり、一方、支援のための経済的、人的な資源には限りがある。このため、支援を受けて一定の成果を得たコミュニティが、その流れを自律的に周辺地域を巻き込みながら展開していくことが期待される。「政府開発援助に関する中期政策」(2005年2月4日外務省)がいう「地方全体の経済成長を促進していくアプローチ」の方向であるが、これまで住宅の地震被害軽減の分野において、こうした方向が議論されることはほとんどなかった。ノンエンジニアド住宅は、地域の材料、労働力によっていることから、この可能性の高い分野であると考えられる。ノンエンジニアド住宅の改善のための投資を、地域の雇用創出や地域産業の活性化に繋げ、それによってもたらされる住民の所得が次の住宅投資に回っていくような環境を創り出していくことが期待される。

5. 今後の取り組みに向けて（実践現場からの教訓を生かして）

(1)プロジェクトのレビューの必要性

数は限られているものの、これまでノンエンジニアド住宅を対象とするプロジェクトが実施されてきている。いずれも十分な経験のない中、それぞれ工夫をしながらの取り組みが行われている。こうした取り組みの結果には、意図したとおりに進んだ面とともに、想定外の面が

ある。こうした具体事例のレビューとその分析を積み重ねることは、ノンエンジニアド住宅の被害軽減の実現に近づくために有効であると思われる。ここでは、著者が関わった事例について紹介する。

## (2)プロジェクトのレビューからの教訓の重要性

耐震アドベ住宅の建設技術を、住宅の建設を行う住民に対して直接に、実際の住宅の建設作業に参加してもらうこと通じて習得してもらうプロジェクトが、JICA（国際協力機構）によってペルーで実施された（写真7）。2004-2006年度は、現地のNGOが中心となって意欲のある市町村を募り、5地区7棟のモデル住宅建設を行い、質の高いモデル住宅の建設と、参加者の十分な技術の習得と工法に対する信頼を得ることができた。これは地域で容易に調達できる材料により、一般的な道具のみで特に難しい作業無しにできる工法<sup>(26)</sup>を、現地で長年低所得層対策に取り組んできているNGOが中心になって、建設を行う住民に対して、直接、その反応を見ながらトレーニングするという方法が適切であったことによると考えられる<sup>(27)</sup>。

この成果に注目した中央政府（住宅省）が、全国的な展開を行うためのプロジェクトの実施を要望し、2007-2009年度に第2フェーズが実施された。ここでは、JICAが工法を普及するための活動を行い、これと連携して中央政府が各州での300戸程度のモデル住宅の建設とトレーニングの実施を行うというものであった。しかしながら、その後の住宅大臣や対象市町村の首長の交替により、モデル住宅の建設は当初計画どおりには進まなかった<sup>(28)</sup>。

一方、想定外の普及の動きがあった。第1フェーズの実施地区の一つで、国際NGOによる農村開発プロジェクト<sup>(29)</sup>が実施され、その一環として居住環境改善のための住宅建設にJICAトレーニングに参加した住民の提案によりその耐震工法が採用され、約20戸の耐震アドベ住宅の建設が行われている。そこでは、当該住民自身のアイデアで、教えられた工法をより現場でやり易いように工夫がされていたが、その中に耐震性を大きく損な

う可能性のある変更が含まれていた<sup>(30)</sup>。この事例から、技術普及は政府（中央及び地方）の活動のみでは必ずしも円滑に進まないこと、NGOによる支援（低開発の農村地域の開発プロジェクトの一環）により、より広い範囲への普及が図られたこと、NGOが充分でない技術面<sup>(31)</sup>を補う協力が期待されることを学ぶことができる。さらに、この事例に見られるような現場での住民による作業しやすい方法への改善活動は、耐震技術の開発（C）へフィードバックされることにより、より実践的な工法へと改善を図るための貴重なインプット（上述の耐震性を損なう事例以外は、有益と思われるものも多い。いずれも工学的な検証が必要ではある。）となりうるものである。

## (3)今後の取り組みへ向けて

著者らは文献、ヒアリング等によりこれまでの事例を調査し、また、種々のプロジェクトに参画してきた。ノンエンジニアド住宅関係は、まだまだ期待したとおりの成果を上げているものは多くないのが実情である。一方、前節のNGOの事例のような想定外の展開が見られるものも存在する。こうした実践事例のレビューとそのフィードバック、それを生かした次のステップへの取り組みといった積み重ねにより、ノンエンジニアド住宅の地震被害の軽減という極めて困難な課題に対して、少しずつではあっても進展が期待されるのではないかと考えている。そうした活動を行う際に、本論文の提案が多少の役に立つことを願っている。

## 補注

(1) 国連人道問題調整事務局によれば、死者222, 517名、負傷者310, 928名と推定されている。（2010年3月18日）

(2) 「ノンエンジニアド住宅」という用語については、「2. (1)住宅の特性」に詳述している。

(3) 筆者らが地震被災地調査に参加した主要な地震は、次のとおり。

- ・2008年5月：中国・四川地震
- ・2007年8月：ペルー・ピスコ地震
- ・2006年5月：インドネシア・ジャワ島中部地震
- ・2005年10月：パキスタン北部地震
- ・2004年12月：インド洋地震津波災害
- ・2003年12月：イラン・バム地震
- ・2001年1月：インド・グジャラート地震

また、参画した主要なプロジェクトは、以下のとおり。

### 主要参加プロジェクト一覧

プロジェクト名	実施年	実施主体	概要
南アジア地域における地震防災計画(ERRP)	2007-2010	UNDP、ADRC	バングラディッシュ、ブータン、インド、ネパール、パキスタンにおける地震防災計画の作成
建築物耐震性向上のための建築行政執行能力向上プロジェクト	2007-2010	JICA	インドネシアにおける建築基準の整備と施行能力の向上
インドネシアの職人対象の耐震工法のトレーニング	2009-2010	JPF	インドネシア、パダンバリアマンの住宅職人を対象にしたトレーニングプログラム作成のための、教材作成、トレーニング実施
地震にまけない住宅プロジェクト	2007-2011	UNCRD	政府、技術者、職人、コミュニティなどの関係主体を対象にした、建設技術の整備と普及
2006ジャワ島中部地震復興プロジェクト	2006-2007	JICA	耐震性を有する復興住宅をコミュニティベースにより建設するための技術協力
2004インド洋津波、地震災害復興プロジェクト	2005-2008	WB,MDF	アチェ州、北スマトラ州におけるコミュニティベースの復興住宅建設の支援

UNDP: 国連開発計画  
 JICA: 国際協力機構  
 UNCRD: 国連地域開発センター  
 MDF: EU諸国中心のマルチドナーファンド

ADRC: アジア防災センター  
 JPF: ジャパンブラットフォーム  
 WB: 世界銀行



写真7 JICAによる耐震アドベ住宅普及のためのトレーニング  
 左：各工程に前後して行われるワークショップ  
 右：専門家の指導の下に行われるモデル住宅の建設



写真8 ペルーにおける国際NGOによる農村開発プロジェクト  
 左：その一環として実施された居住環境改善ポスター  
 右：住宅建設作業に参加しているJICAプロジェクトの参加者

(4) 文部科学省科学技術振興調整費により、「地震防災に関するネットワーク型共同研究」を、インドネシア、ネパール、パキスタン、トルコとの共同研究により、2006-2008 年度に実施した。概要は、参考文献1) 参照。

(5) 2005 年 5 月にペルー、リマ市で開催された、「土質材料による構造物の耐震性に関するセミナー (SismoAdobe2005 in Peru)」においては、29 か国が参加し、112 の発表(対象は、庶民住宅と文化財がほぼ半々)が行われたが、その多くは補強方法の開発に関するものであった。それに使われる補強材料は、竹、繊維等の植物性材料、木材、鉄筋、金属メッシュ、プラスチックメッシュ、ナイロンストラップ、ビニールシートなど多様なものを用い、使用方法も種々開発が進められていることが紹介された。(詳細は、参考文献2) 参照。) また、当該セミナーで発表された論文のうち、注目すべきと思われるもの4編(いずれもスペイン語。対象エリアは、南米2編、ペルー1編、コロンビア1編。)について、詳細に調査を行った。(詳細は、参考文献3) 参照。) さらに、ウェブ検索により得られた組積造に関する地震被害軽減に関する事例約200件を概観し、その中の重要と思われるもの5編(ペルー、インド、トルコ、カナダ、アメリカ各1編)について、詳細に調査を行った。(詳細は、参考文献4) 参照。)

(6) Ceresis のホームページ(下記アドレス)及び参考文献5)による。(http://www.ceresis.org/portal/index.php)

(7) 東京大学目黒研究室のホームページ(下記アドレス)及び参考文献6), 7)による。(http://risk-mg.iis.u-tokyo.ac.jp/top/top.html)

(8) 参考文献8)などによる。

(9) WSSI のホームページ(http://wssi.org/)、参考文献9)などによる。

(10) 低所得層の居住することの多いノンエンジニアド住宅では、低コストであることが重要であるが、国、地域により補強に使用可能な材料(木材、植物性材料、スチール材料、プラスチック材料、セメントなど)の価格は大きく異なる。また、低所得層を対象にした施策に中央政府が積極的である国は多くないため、地方政府、NGO、コミュニティなど各地域において適切な実施主体となり得る者も異なる。

(11) これまでの耐震工法普及の取り組みが、モデル住宅以外の一般住宅に広がって行かない理由は、工法自体の課題の他、普及の方法、住民に対する経済的、社会的な支援のあり方、工法採用の働きかけの方法、その実施主体・実施体制など、多岐にわたっていると考えられる。その困難性の主要な要因の一つは、「開発途上国における」「低所得層を対象にした」分野であることであると思われるが、この分野は、開発途上国支援の主要な対象層であり、居住水準改善(スラム対策など)や貧困削減などにおいて長年の蓄積を有しており、こうした分野の経験、教訓の活用も期待される。居住水準改善分野については、参考文献10)、貧困削減分野については、参考文献13)参照。

(12) 「地震防災に関するネットワーク型共同研究」の活動の一環として開催した18回の国際ワークショップ、第14回地震工学世界会議(2008年中国・北京)におけるノンエンジニアド住宅をテーマにした特別セッション、国連開発計画(UNDP)主催の国際ワークショップなどの場において意見交換を行っている。

(13) 低所得層によるノンエンジニアド住宅の建設について、通常、技術者や建築家に業務が依頼されることはない。また、ノンエンジニアド住宅に関する研究は学術的に評価されにくく、調査、研究の対象にされることも多くない。

(14) レンガの組積壁の周囲をRCの小さな断面の柱、梁により囲む工法で、枠組み組積造あるいはコンファインドメーソリーと呼ばれる、インドネシアの都市地域では近年もっとも普

通に見られる工法である。

(15) ノンエンジニアド住宅の実情を前提とするのではなく、エンジニアド住宅を建設できるようにするという方向も考えられるが、本節の主筋の継ぎ手の例について考えても、費用のかかる機材、道具の普及、工専用の足場の導入、無理のない鉄筋の組み立て方法の開発とその職人への普及などが必要である。従って、短期間での実現は困難であり、中長期的に取り組むべき方向と考えられる。

(16) 開発された工法を現場で試行した場合に、改善すべき点が明らかになることが通常であり、相互のフィードバックに基づく改善が必要である。この点に関して、「5. 今後の取り組みへ向けて」において、ペルーの事例について記述している。

(17) 支援の必要性については、「4. (2) ③耐震化の支援方策」に詳述している。

(18) 住宅タイプ毎の特性把握の必要性については、「4. (2) ④住宅タイプ毎の特性の把握」に詳述している。

(19) 低所得層の住宅対策では、これまで、リボルビングファンド(住宅取得者に融資を行い、その返済金により順次、次ぎの希望者に融資を行う)、クロスサブシディ(住宅地開発の開発利益を活用して低所得層の住宅供給を進める)など継続的な実施を意図した組みが種々行われたが、融資の返済の不履行、実施主体の不十分なガバナンス(資金の蒸発、募集手続きにおける不正、業務の非効率など)など開発途上国特有の事情により十分な成果が上がっておらず、こうした教訓を生かした展開が期待される。これらの開発途上国の低所得層の住宅対策の変遷、動向については、参考文献10)参照。

(20) コミュニティベースのプロジェクトにおいて、住宅建設について知識、経験が無いコミュニティのメンバーを支援するために雇用される者で、建築、構造などの若い技術者が多い。その状況については、参考文献11)、12)参照。

(21) 参考文献13)などによる。

(22) 2006年5月のジャワ島中部地震復興において、復興住宅に限定した措置として、平屋建ての住宅についての簡略な建築基準(「キーリクワイヤメント」と呼称)を定めて、補助金支給の条件とした。その後、地元ジョグジャカルタ特別州において、復興住宅以外にも適用されることとなった。さらに、中央政府の指導により、JICAの技術協力を得ながら全国に広める活動が進められている。概要は、参考文献14)参照。

(23) 2005年国連防災世界会議「災害に強い国・コミュニティの構築:兵庫行動枠組み2005-2015」の序文において、「防災を持続可能な開発や貧困削減の取り組みに体系的に取り込む必要性は、今や国際的な認識を得ている」と述べられている。発生頻度の低い地震災害の場合、その必要性は高いと考えられるが、これまでの取り組みは十分とはいえない。

(24) 地震被害調査は、注目すべき大規模な建物や構造技術的に興味深いものを中心に行われがちで、ノンエンジニアド住宅に関するものは多くない。また、被災後の状況から被災時の状況を推測せざるを得ず、倒壊のプロセスは充分解明されていない。このため、(4)に紹介した国際共同研究においては、3回にわたり5体の試験体の振動台実験を行い、倒壊プロセスの把握、数値解析手法による分析などを行った。概要は参考文献15)参照。

(25) 住宅に関する実態調査は、調査対象の数が多く手間と費用がかかる。これを住民参加により低コストで実施する方法を開発するための研究を(4)の国際共同研究において実施し、現地調査のためのベースマップ作成手法、現地でのデータ入力のためのソフトウェアの開発を行い、ペルーにおいて高校生による試行を行った。概要は参考文献16)参照。

(26) 工法は、ペルーのアドベ住宅に関する研究開発に長年にわたって取り組んできているペルー・カトリカ大学(PUCP)

が開発したものである。参考文献3)、5)参照。

(27) トレーニングの実施状況とその結果については、参考文献17)参照。

(28) JICA プロジェクトとしては、3年間の第2フェーズ全体で、4地区5棟のモデル住宅建設を実施している。

(29) Caritas と CRS (Catholic Relief Society) による、農業の生産性向上、灌漑施設整備、住民自治、住宅改善を内容とするプロジェクトである。

(30) 参考文献17)に報告している。

(31) 農村開発プロジェクトであり、建築構造関係の技術者は参加していない。

- 17) 榎府龍雄, 田阪昭彦, 松崎志津子, 今井弘他: ノンエンジニアド住宅の耐震技術の普及に関する研究—ペルーにおけるアドベ住宅普及プログラムのケーススタディー: 2009年11月地域安全学会論文集 No. 11, pp369-376

(原稿受付 2010. 5.29)

(登載決定 2011. 1. 4)

## 参考文献

- 1) 榎府龍雄, 今井弘: 開発途上国の庶民住宅の地震被害軽減のための国際共同研究(全体概要), 2009年9月「建築防災」(財)日本建築防災協会, pp2-9
- 2) 榎府龍雄, 野村聡: 土質材料による構造物の耐震性に関するセミナー(SismoAdobe2005 in Peru)への参加報告(1), 2005年8月「住宅」(社)日本住宅協会, pp. 56-65
- 3) 榎府龍雄, 大場悟: アドベ住宅の耐震化のための取り組みの事例紹介, 2007年9月「住宅」(社)日本住宅協会, pp. 55-69
- 4) 榎府龍雄, 大場悟: 開発途上国の組積造住宅の地震被害軽減に向けた取り組みの事例紹介, 2006年4月「住宅」(社)日本住宅協会, pp. 50-65
- 5) Vargas J. , M. Blondet, F. Ginocchio et al: 35 Anos de Investigacion Sismo Adobe en la Pontificia Universidad Catolica del Peru, Proceedings of SismoAdobe2005 in Peru, 2005. 5
- 6) Meguro, Kimoro: Technological and Social Approaches to Achieve Earthquake Safer Non-Engineered Houses, Proceedings on 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, CD-Rom, 2008. 10
- 7) Paola Mayorca and Kimiro Meguro: Proposal of an Efficient Technique for Retrofitting Unreinforced Masonry Dwellings , 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, CD-Rom, 2004. 8
- 8) 岡崎健二: 防災における動機づけに関する研究, 2004年6月, 日本建築学会環境系論文集 第580号, 日本建築学会, 1999年10月, pp99-104
- 9) Haresh C. Shah : Global Cooperation in Seismic Disaster Mitigation - a Story of WSSI, Seismic Risk Management for Countires of the Asia Pacific Region-, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> WSSI Workshop
- 10) 榎府龍雄: 世界銀行の住宅分野の援助の動向, 2004年4月「住宅」(社)日本住宅協会, pp. 75-84
- 11) 榎府龍雄, 今井弘他: スマトラ沖地震復興事業(アチェ・世界銀行事業)における安全な住宅づくりの取り組み その1, その2, 2007年8月建築学会2007年度大会梗概集 F-1, pp631-634
- 12) 竹谷公男, 榎府龍雄他: ジャワ島中部地震災害復興支援報告(住宅の耐震化), 2007年10月, 「住宅」(社)日本住宅協会, pp. 56-66
- 13) 国際協力事業団国際協力総合研修所: 開発課題に対する効果的アプローチ<貧困削減>第2章, 2003年9月
- 14) 亀村幸泰他: 中部ジャワ復興支援と JICA 耐震性向上プロジェクト: 2009年9月「建築防災」(財)日本建築防災協会, pp41-46
- 15) 花里利一他: 実践的な耐震工法のための実験的研究: 2009年9月「建築防災」(財)日本建築防災協会, pp14-19
- 16) 横井俊明: 途上国支援と自分でやる防災: 2009年9月「建築防災」(財)日本建築防災協会, pp10-13