

発展途上国におけるNon-Engineered住宅の地震防災に関する基礎的考察 - フィリピン・マリキナ市におけるNon-Engineered住宅を事例として -

Seismic Vulnerability Analysis for Non-Engineered Housings in Developing Countries
- A Case Study on Marikina City, Philippines -

田中聡¹, 玉置泰明², 永井博子³, 鈴木三四郎⁴, 堀江啓⁵, 吉村美保⁶, 林春男¹

Satoshi TANAKA¹, Yasuaki TAMAKI², Hiroko NAGAI³, Sanshiro SUZUKI⁴,
Kei HORIE⁵, Miho YOSHIMURA⁶, and Haruo HAYASHI¹

¹ 京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

² 静岡県立大学

University of Shizuoka

³ アテネオ・デ・マニラ大学

Department of Sociology and Anthropology, Ateneo de Manila University

⁴ 関西大学工学部

Faculty of Engineering, Kansai University

⁵ 防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, NIED

⁶ 東京大学生産技術研究所

Institute of Industrial Science, University of Tokyo

It is well known that the RC frame with masonry wall structure is widely distributed in the Asian Pacific region. In case of the earthquake disaster, it is often observed that this type of structure generates causality due to the collapse of the structure. This study is focusing on such structure, especially residential housings, for evaluating the seismic capability and construction process. The basic data is acquired by the interviews to the housing owners, community leaders, and construction workers.

Key Words : RC frame with masonry wall structure, interview survey, seismic vulnerability evaluation, construction process

1. はじめに

現在、アジア・太平洋地域の都市部における、多数の耐震基準を満たさない Non-Engineered 住宅の存在は、防災上、緊急的に検討しなければならない課題の一つである。特に発展途上国においては、単に過去に建設された住宅の耐震化の問題だけでなく、現在も次々と、これら不良ストックが建設され続けている点にこの問題の深刻さがある。

一般に発展途上国において、これらの住宅が建設され続ける背景として、経済的貧困が原因とされている。確かに貧困は大きな要因の一つであると考えられるが、その他の要因の分析や、要因間の関係などについては、これまでほとんど議論されることがなかった。また一方では、発展途上国の地震防災に資するために、わが国のみならず世界各国から多くの支援がなされている。しかし、支援の多くは、最新技術の指導・供与や建築法規・制度の改訂など、先進的技術課題に焦点があてられており、さまざまな要因が複雑に入り組んだ Non-Engineered 住宅

の防災問題については、取り組むべき課題群すら十分に整理されていないのが現状である。さらに基本的な問題として、支援する側に相手の状況の全体像の把握ができていない場合も多い。

このような問題への解決策を提案するために、科学技術振興調整費「アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減化技術の開発とその体系化に関する研究」では、アジア・太平洋地域を対象として、地震防災対策の開発に関する調査研究を実施している。このプロジェクトでは、単なる防災技術の開発だけではなく、リスクマネジメント・プロセスを適用した技術の Implementation をも視野に入れた研究が進められている。

本研究は、この「アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減化技術の開発とその体系化に関する研究」の一環として、RC のフレームに壁にブロックを積み上げた構造形式（以下 RCFM 造と記す）を用いた、2-3 階建て Non-Engineered 住宅の地震防災問題に着目する。この形式の建築物は、東南アジアから西アジア地域に広く分布し、低所得者層から高級住宅まで幅広く用いられて

いる一方で、この構法は構造設計法が確立しておらず、過去の地震災害においても多くの被害が発生している。そのため、この構造形式の建築物の基本的な耐震性の確認や構造設計法の確立をめざして、これまでいくつかの研究が行われてきた。たとえばわが国では、建築研究所を中心として平成元年度より5年度まで、「開発途上国に対する住宅建設技術移転に関する研究－枠組組積造構造設計法の開発－」と題する研究プロジェクトがおこなわれ、主として枠組組積造構造物の基礎的資料の収集と壁部材の静的・動的破壊実験によって、その基本的な性能が明らかにされてきた。

一方、都市部の低所得者層の枠組組積造住宅は、これらの構造設計上の問題に加え、配筋、定着、コンクリート打設など、多くの施工不良をかかえており、その耐震性はきわめて低いと考えられているにもかかわらず、その実態はほとんど明らかにされていない。しかもこのような不良ストックが都市部において次々と建設されており、その効果的な対策の立案は、地震被害軽減におおきく寄与するものと考えられる。

そこで本研究では、フィリピン国メトロマニラ首都圏マリキナ市にある同型住宅を事例として、その耐震性能の評価とともに、地域の建設に関わるさまざまな背景やその建設過程をもふくめた総合的な分析を行い、PDCA(Plan-Do-Check-Action)サイクルと呼ばれるリスクマネジメント・プロセスを適用することによる被害軽減策の提案を目指している。

本論文は第一報として、このようなRCFM造 Non-Engineered 住宅の建設に至るまでの準備・背景（資金、材料、建設労働者の確保）、建設方法などについて住民に対するインタビュー調査を実施し、その実態の把握と問題点の抽出を行うとともに、建物の構造的な調査（構造、施工）を実施し、リスクマネジメント・プロセス適用に向けた基礎的な情報の分析を目的とする。なお本論文は、過去3回の調査によって得られた知見に基づいている。第1回調査は2002年11月24日～12月2日、第2回調査は2003年1月26日～1月29日、第3回調査は2003年5月3日～5月10日である。したがって、本論文で用いられている数値などは、すべてこの当時のものである。

2. 住宅建設のプロセス

住宅建設は一般に、図1に示されるようなプロセスによって説明される。すなわち、住宅の建設を決定すると、施主はまず資金を確保し、その後、建設地の選定、建物の設計、材料や職人の確保、実際の建設作業、などの過程を経て建物が完成する。またこのプロセスには、資金の融資をおこなう金融機関や、土地利用や建築規制、あるいは安全性のチェックなどをおこなう行政・法規関係、設計や施工に携わる専門家、資材を生産・販売する業者など、さまざまなステークホルダーが関係してくる。わが国の建築制度においては、このプロセスの多くは規格化され、標準的な手順が定められており、実際の建設においてもその手順通りにすすめられる。一方発展途上国においても、制度上は基本的に同様なプロセスをへるとされているが、特に Non-Engineered 住宅のような行政の監督・指導がおよびにくいケースについては、その実態は明らかでない。

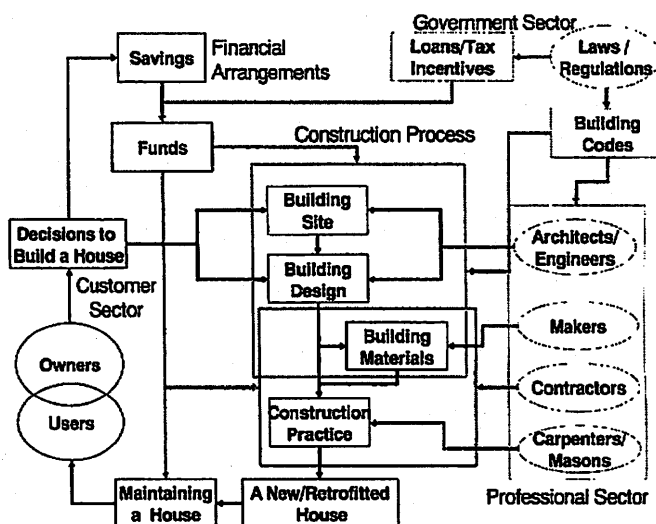


図1 住宅建設のプロセス

本研究では、発展途上国における Non-Engineered 住宅建設のような行政の指導がおよびにくいケースの建設過程の実態を明らかにするために、マリキナ市において、建設過程に関するインタビュー調査を実施した。特に施主の視点から見た建設過程、すなわち、土地の取得、建設資金の確保、設計、材料の取得、職人の確保と作業の管理、行政や法規との関わり、などに焦点をあて調査を行った。

3. 調査対象地（フィリピン・マリキナ市）の概要

マリキナ市は、フィリピン・ルソン島南部、マニラ首都圏の北東に位置し、面積 21.5k m²、人口約 43 万人の都市である。主要産業は、靴産業、たばこ産業などであり、マニラ首都圏のベッドタウンとしても機能している。マリキナ市周辺には West Valley Fault と呼ばれる活断層が存在し（図2）、将来 M7 クラスの地震が発生が予想されている。フィリピン火山地震研究所(PHIVOLCS)によるハザードマップも作成されている（図3）。

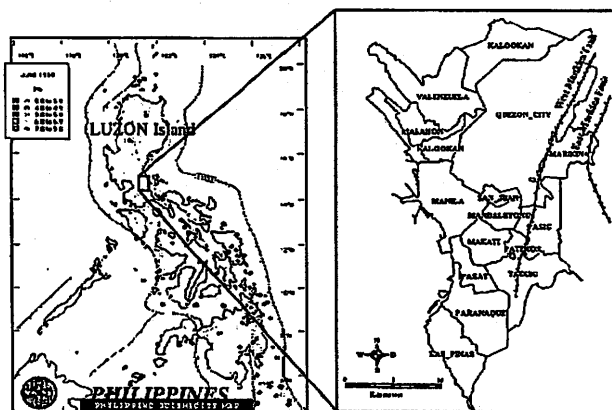


図2 調査対象地（フィリピン・マリキナ市）

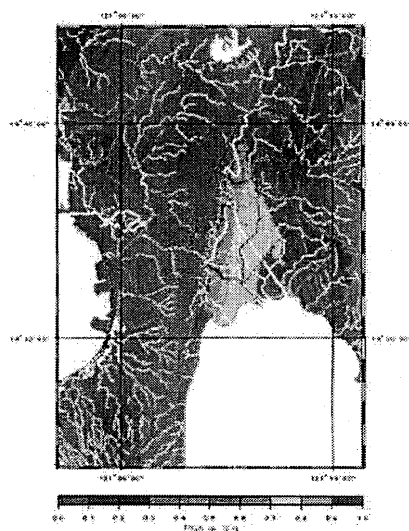


図3 PGA Map (PHIVOLCS)

マリキナ市では、不法占拠居住者(Squatter)のないコミュニティを目指して、Squatter-Free Marikina というプログラムが 1993 年より実施されている。当初このプログラムは、およそ 10,475 世帯の不法占拠居住者を 5 つの再定住地に移動させる計画であった。それぞれの再定住地では原則として各世帯に 1 区画 (24 m²) の土地が与えられ、毎月 250-300 ペソを 25 年間支払う、コミュニティ抵当事業(Community Mortgage Program: CMP)を活用して、土地所有を実現させる施策であった。このプログラムは、市長をはじめ市役所をあげての取り組みとして積極的に推進され、最新の情報では、すでに 10,930 世帯が移転を完了しており、その数は現在さらに増加している。また CMP においては、開発された地区ごとに持ち家組合 (Home Owners Association Inc.: HOAI) が組織され、コミュニティの組織化や抵当事務の促進などを行っており、現在マリキナ市では 38 の HOAI が組織されている。

このプログラムによって土地所有に関する問題は一応前進し、不法占拠居住者は減少した。しかし一方、これらの土地に建てられた住宅の大部分は RCFM 造 2-3 階建の Non-Engineered 住宅で (写真 1)、耐震上きわめて問題の多い構造物である。市役所によると、これらの建物は、技術者による耐震性の検討は行われておらず、また、材料や施工法についてもその実態はほとんどわかっていない。したがって市役所では、これらは耐震性に問題が



写真 1 RCFM 造 Non-Engineered 住宅



ある建物であるという認識はあるものの、その実態を把握しているわけではない。

4. 調査の概要

(1) 調査地

本研究の調査地は、Squatter-Free プログラムによってマリキナ市の再定住地に指定されているマリキナ川周辺地域である。この地域では、1996 年頃から移転がはじまり、現在まで続いている。このエリアの住宅のほとんどは、RCFM 造の Non-Engineered 住宅である。

本研究では、すでに移転が完了し住宅建設がほぼ終了している地区 (Kapisanang Lakes Bisig Libis Sto. Nino HOAI) と現在も続々と住宅建設が進行している地区 (Camacho HOAI) の 2 つの地区を調査対象地区に選定した (図 4)。

(2) 調査の方法

a) 建物概要調査

まず地区内の建物の概要を知るために、すでに住宅建設がほぼ終了している Kapisanang Lakes Bisig Libis Sto. Nino HOAI 地区について、地区内の建物 1 棟ごとに構造・階数・外観写真のデータを収集した。さらに、これらのデータを集計して GIS データベースを作成し概要を把握した。

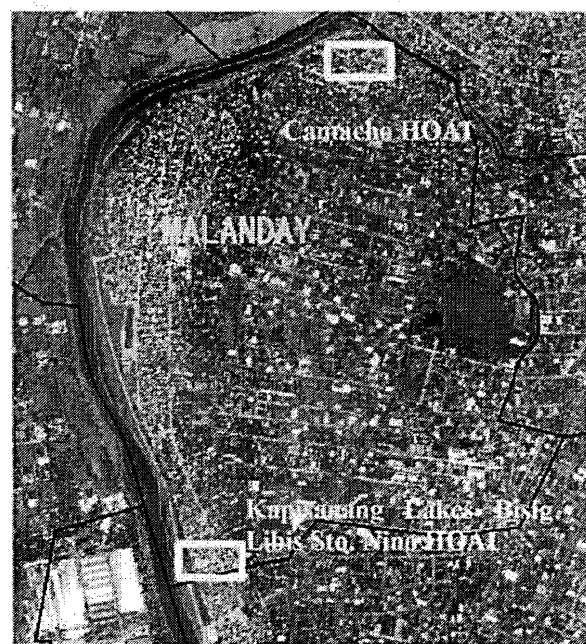


図4 調査対象地域

b) 住民へのインタビュー調査

次に、それぞれの住宅建設に関する準備・背景、設計施工の実態など一連の建設過程を施主の視点から明らかにするために、住民に対して個別のインタビュー調査を実施し、計 13 世帯 + 1 HOAI から情報を得た。インタビューには市役所の職員は立ち会わず、すべて現地語 (タガログ語) によって行われた。このうち対象地区におけるインタビュー対象者とその内容の概要を表 1 に示す。

表1 インタビュー対象者と内容の概要

ID	個人の属性	インタビューの概要
A氏	職業：市役所職員 住宅：RCFM 2階 建設費：30-40万ペソ 出身：レイテ 移転：1994年 家族数：6人	・Kapisanang Lakes Bisig Libis Sto. Nino HOAIのpresident ・当初はヤシ木とブロック(Light Material)の家(建設費：5000ペソ)。1998年にRCFMに建て替え(未完成) ・Construction Workerの賃金(Skilled(Carpenter, Mason) 一人：一日250ペソ, Labor一人：一日150ペソ)。ただし、昼食を出すか否かによっても変わる ・今の家の建設にあたっては、GSISやPAGIBIG, 民間金融などから約10000ペソの借金 ・今の家は2区画で52m²(タイトルは自分と義理の妹。ただしここには住んでいない) ・CMPの返済は毎月823ペソ ・川べりで地盤が弱いために、2階建てが限界であると考えている ・1992年のバキオ地震の際には、農作業をしていて、地面や水面が揺れるのをみている
B氏	職業：ゲームセンター経営 住宅：RCFM 2階 建設費：30万ペソ 出身：Calumpang 移転：2000年 家族数：4人	・親の家から独立して、自分のための土地を探していたところ空き地があったので移転 ・今の家は1区画30m² ・最初は1階建てで、約1ヶ月で建設した(建設費：60000ペソ) ・職人5人が泊まり込んで建設した。(Carpenter 2人, Mason 2人, Labor 1人) ・妻の兄弟が建設会社につとめているので、そのコネを使って材料を調達 ・その後2階を増築した(増築費：250000ペソ) ・建設資金としては、民間金融機関から合計80000ペソを借りた。少しずつ(一回1000ペソずつ)借りて、返済している ・公的なローンを借りる資格がない。国のローンも貸してもらえなかった。 ・家の図面を持っている ・CMPの返済は毎月411ペソ, 25年間 ・家の借金は返済済み
C氏	職業：Carpenter 住宅：RCFM 2階 建設費：30万ペソ 出身：マリキナ 移転：1997年 家族数：4人 年齢：39	・祖父の時代からマリキナにすむ ・18-19歳頃から大工として働き、今では自分で請け負う契約もできる ・自分の仕事の収入はSkilled Workerとして1日300-350ペソ ・今の家は1区画22m² ・CMPの返済は毎月411ペソ, 25年間 ・最初の家は木造。自分、父親、兄弟、隣人で建設 ・3年前に2階建てのRCFMを建てた ・Carpenter, Masonは友人(1日300ペソ), Laborは近所の人を雇う ・地震を体験したことはある ・家の図面あり
D氏	職業：主婦 住宅：Block-W 2階建 建設費：24000ペソ 出身：パンカシナ州 移転：1995年 家族数：6人 年齢：39	・AssociationのBorad Memberで経理担当 ・夫はケソン市の理髪店で働く(オーナーは兄) ・現在の1日の稼ぎは300ペソ程度 ・選挙で2期連続で選ばれる。その活動のため誰でも知っている ・毎週日曜日, Treasurerとともに各戸をまわって集金 ・パンカシナの家を9500ペソで兄弟に売り、義妹に9000ペソ払い現在の土地を購入 ・建設費の内、民間金融に10000ペソの借金 ・建設には大工を一人雇って(日300)のみで、あとは共同作業で食物のみ。しかし1日2回のおやつと酒・タバコで出費がかさむため、人を雇うことにした。1日5-10人、Carpenterがスケッチをみて、通り沿いの建材屋で材料を買ってきた ・将来的にはRCの家に住みたい ・CMPの返済額(24m² 一ヶ月417.18ペソ) ・浸水被害の経験あり。地震を体験したことあり
E氏	職業：商人 住宅：RCFM 2階建 建設費：不明 出身：ミンダナオ 移転：1990年 家族数：4人	・マリキナの市場で野菜を売っている商人(仕事時間：0:00-9:00AM) ・最初Malandayで、月3000ペソで小さな家(kubo)を借りていた ・自分たちの家を建てるために兄と父がバラニャーケからきて手伝ってくれた ・材料は、兄弟が建築資材を扱う会社に勤めているので、そこから調達した(もらってきたのでタダ) ・現在も工事中であるが、お金がなくなったので中断。2階は1ヶ月前に完成 ・改築時に35000ペソかかった+2階の増築に10000ペソ=すべて自己資金。 ・改築時にも父と兄弟の助力。兄弟2人は「雇った」。夫も手伝い、一週間で完成。2階の増築も、自分が資材を買ってきて、兄弟でやった。 ・兄弟2人は家を建てる技術をもつ。 ・土地の権利は、元々の持ち主(自分の「コンパレー」)にあたる、ここの畑の元小作)から8000ペソで手に入れた(2区画)。1区画は妹にあげる。 ・土地はCMP。毎月の返済額は417ペソ。支払いは可能。

表1 インタビュー対象者と内容の概要 (つづき)

ID	個人の属性	インタビューの概要
F氏	職業: エアコン修理業 住宅: RCFM 3階建 建設費: 30万ペソ 出身: マリキナ 移転: 1995年 家族数: 4人 年齢: 39	- 妻は自宅の1階で床屋を営む - 市のrelocation projectで両親が3区画を入手 1985~94年はU.A.E.出稼ぎ。 - 隣の弟は24人使用(靴とバッグ)。もう一人の弟は100人使って靴型づくり。 - 自分の家は他の家とはちがって基礎がしっかりしているので、5階まで大丈夫 - 建築士を雇って設計(建築士はこの人で知り合い) - 自分も建築の知識をもっている(元々もっていたが、UAEで知識を深めた) 監 - 大工2名、Mason 2名、Labor 4名で2ヶ月でたてる 30万ペソ、借金なしで建設
G氏	職業: 溶接業 住宅: Block+木造 2階建 建設費: 0 出身: Quwzon 移転: 1986年 家族数: 4人 年齢: 57	- 父親はCarpenter - カルンバンで溶接の店で働いて、覚えた。 - ここで家を建てる時に扉を注文を請け負って作成している - 仕事はほとんどが同じAssociation内の知り合いからもらってくる。ただ、近所の人でも外に知り合いがいる人はそっちに頼んでしまう。大きな家はエンジニアに頼んでここにきた時に前の地権者(小作だった人)に6000ペソ払った 3年前に兄弟が手伝って2人で家をたてた - 大工仕事も父もやっていたので、子供の頃から手伝っていた - もとの雇い主が自分の家を建て替えるので、建設材料をタダでくれた 1階は仕事場、2階で寝る。敷地面積は24m² - 土地はCMP。400ペソくらいなら支払い可能 - 今はお金がないがお金があれば作るとしたらRCでつくりたい
H氏	職業: サリサリ商店 住宅: RCFM 2階建 建設費: 30万ペソ 出身: レイテ 移転: 1986年 同居人数: 6人	4~5年間 マンダリオン(マニラ)にすんでいた。当時は借家: 2300ペソ - MegaMallの中のレストランに勤めていたが、1月に閉鎖された - 今はサリサリの稼ぎのみ。サリサリの売り上げは1日1500から3000ペソ(利益不) - ここの生活がうまくゆかなくなったら、田舎に帰る可能性もある。土地の所有権が自分のものになるか次第である。 - お金を払って土地の権利を買った。敷地面積は24m² - 家ははじめからRCだが、すこしずつ建て増し、最終的に12月に工事は終了 - 建設作業は6名(知り合い、大工1名: 350ペソ、Labor 5名)(日当350ペソ) 1.5月でつくって引っ越してきた - 建設のための借金はしていないが、レイテの母から援助を受けた。オジも5万援助 - 図面通りにはつくっていない(図面通りでは予算オーバーしてしまうため) - 最初の図面では1階建て。将来2-3階建てにするために、1階は強くつくってある - 特に基礎はしっかりつくった(独立基礎方式である) - 設計変更は、Carpenterと相談しておこなった。
I氏	職業: 主婦 住宅: RCFM 3階建 建設費: 70万ペソ 出身: ミンダナオ 移転: 1999年 同居人数: 4人	- 夫が16年間もサウジで土木技術者として働く - Sta Ana(マニラ)に13年(アパート、月5000)住んだ後、ここに移住。 - Lando(リーダー)の兄弟から45000で区画を買った。 - 敷地面積は22m² - 川が近いのでしっかりした基礎をつくった - 基礎の工事は、夫がEngineerとしての知識と経験を生かしてつくった - 建設に際しては、Carpenter + Mason: 6人、Labor: 4人(日当300)。内訳はこの人間少しと、サンボアン出身の同郷人も。 - 材料はこのあたりのHardware shopで買った。 - 自己資金は400000ペソ。民間金融や姉妹に借金があり、まだ返済が終わっていない - 現在3階の拡張工事中であるが、4階は無理であるとかんがえている - 前に地震があったとき、周りの人は騒いだが、この家だけは気づかなかった
J氏	職業: 年金生活者 住宅: RCFM 2階建 建設費: 20万ペソ 出身: ミンダナオ 移転: 2001年 同居人数: 2人 年齢: 65 (Camacho地区)	- マリキナハイツのクレーク縁から2001年にSquatter Free Programで移転 - 移転の話が市役所からあったときに、すぐに話に乗って移転した - Max Restrantというレストランに14年つとめ、退職。現在は年金生活。退職金もある - 子供4人: Computer Analyst, AIU。3人はすでに独立して自分の家庭をもつ。 - このAssociationは331世帯。現在も増加中 - マリキナ市内のいろいろなところから移り住んできている - 敷地面積は24-25m² - 建設作業は6名でおこなった(Carpenter 2, Mason 2, Labor 2) + 息子も手伝い。 2ヶ月で完成。 - 建設費用もほとんどは月々の年金から。一部借金も。 - 市役所の人、川縁は弱いからといったので、基礎をしっかり作った - プランは市役所のエンジニアが作った。 - 最初のプランは1階建て。その後増築のために別のBuilding Permitをとり、増築工事 - 土地はCMP。返済額は500ペソ強であるが、まだ額は確定していない。

c) 建物の構造・施工法の調査

さらに、これら Non-Engineered 住宅の耐震性能評価に必要な基礎的情報を得るために、建設中の住宅について、配筋方法や鉄筋量、コンクリート打設方法などに関する調査を行った。

5. 調査結果

(1) 建物概要調査

各住宅の敷地の基本単位は 3m×8m の 24 m² であるが、なかには 2 区画や 3 区画を占有しているケースもある。3 m (及び 4 m) の街路に面して全部で 15 列の建物ブロックがあり、建物総数は 202 棟、その他、空き地が 2 箇所、工事中が 1 箇所であった。全 202 棟における階数の構成を図 5 に示す。1 階建ては 18%，2 階建ては 76% であり、2 階建てが主流である。また 4 階建ても 1 棟存在する。GIS 上でのこれらの分布を図 6 に示す。

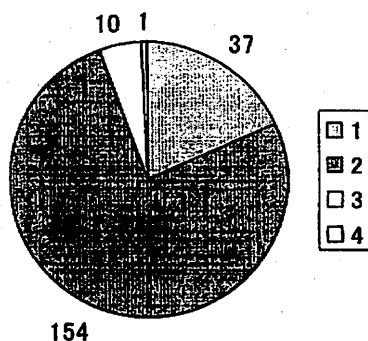


図 5 階数別の建物構成

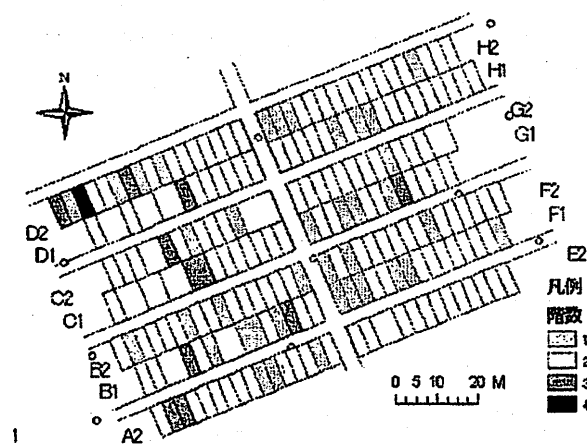


図 6 階数別建物の分布

構造別でみると、RCFM 造、RC フレームなしのブロック造、木造の 3 種類に分類される。その内訳は、1 階建てでは、RCFM 造、ブロック造、木造の 3 種類、2 階建ての場合、1 階部分は RCFM 造やブロック造であるが、2 階は木造である場合もある。3 階建てには、1 階から 3 階まで RCFM 造のものと、1・2 階が RCFM 造で 3 階が

木造のものが存在した。4 階建ては地区内に 1 棟のみで RCFM 造であった。したがって構造パターンは、RCMF、Block、Wood、Block と Wood の組み合わせ、RCFM と Wood の組み合わせの 5 種類であり、それらの棟数と割合を図 7 に示す。

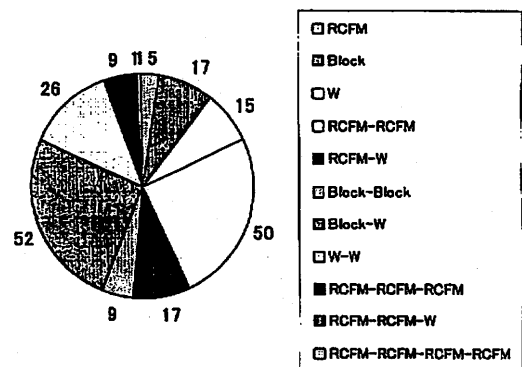


図 7 構造パターン別棟数

以上の結果より、この地区の 2 階建て以上の住宅では、RCFM 造と Block+Wood 造の住宅が全体の 1/3 づつあり、残りの 1/3 を Wood 造と RCFM+Wood 造で占めるという傾向が明らかになった。

(2) 住民へのインタビュー調査

インタビュー調査によって明らかになった点は以下の通りである。

a) 土地について

- 土地の取得に関しては、すべて CMP で行われており、月々の返済額は標準区画(24 m²)で 411 ペソ、返済期間は 25 年である。この返済はまだ開始されていない。多くの人が、Association のすべての世帯がこの額を返済できるとは考えていない。また、返済が 3 ヶ月滞ると追い出される可能性もある。また CMP の事務処理には数年の時間と多額のお金が必要である。
- この土地は、Squatter-Free プログラムのためにマリキナ市によって造成された土地であるが、その権利はすでに不動産として売買の対象となっている。したがって、現在の住民には Squatter と無関係である世帯も多い。また、その権利の取得に際しては 6000-8000 ペソを元の地権者に支払っている。
- 住民にとって最も重要なことは土地の権利の取得であり、そのために多大な努力を払ってきた。建物は二の次である

b) コミュニティについて

- この Association の構成は、236 世帯 (2003 年 5 月現在) であり、うち約 100 世帯は元々この周辺に住んでいた人々である。
- Association の代表や幹部は、すべて住民による選挙で選出される
- 各世帯の土地の場所の割り当ては Association によって決められる

c) 住宅建設について

- はじめは Light Material (木+ブロック) 家建て、後にお金を貯めて RC の家に改築しているケースが多い。また、現在木造に住んでいる人も、いずれは RC 造の住宅を望んでいる。

- ・建設職人には Carpenter, Mason, Labor の3種類がある。このうち Carpenter と Mason は技術職として日当が高い。これら2つの職種の違いははっきりしない。観察によると、型枠や配筋などを行うのが Carpenter で、ブロックやコンクリートを扱うのが Mason のように見えるが、必ずしも決まっているわけではない。Carpenter だけで家を建てることもある。Labor は単なる労働力であり、賃金も技術職に比べて低い。
- ・建設職人に対する労賃の支払いには、賃金(日当)で支払う場合と、食事などの提供で支払う場合がある。前者は RC 造の場合で、1日技術職で 300-350 ペソ、労働職で 200-250 ペソである。木造などでは後者の場合が多いが、これも昼食、たばこ、おやつ2回、お酒と結構お金がかかり、賃金で支払った場合よりはるかに安上がりというわけではない。
- ・家を建設する際には、親兄弟などから、建設技術、労力、資材、資金などさまざまな支援がある
- ・建設職人の技術は、親が Carpenter や Mason で小さい頃から手伝いながら技術を習得したというケースが多い。あるいは、海外へ出稼ぎ(特に中東)へ行っそこで技術を取得してくる場合もある。施主も技術を持っている場合も多く、建設作業は職人にまかせきりではなく、施主も監督・作業を行う。
- ・建設の仕事は、知人のネットワークを通じて仕事を頼まれる場合が多い。これは、知人のネットワークで生きるフィリピンの人たちの基本的な態度であるともいえる。したがって、自分と同郷の人に頼む・頼まれる場合が多くなる。
- ・マリキナ市の規則により、住宅の建築に際しては、設計図を市に提出し建設許可(Building Permit)を取得しなければならない。設計図の作成は、専門の技術者によるが、市役所の技術者の副業である場合もある。設計図の構成は、平面・立面・配置図と電気等の設備図面、さらに簡単な配筋図が A0 版 2枚程度に描かれている。配筋図に関しては、基礎の配筋は比較的どの図面にもあるが、梁やスラブの配筋図はほとんどない。この点について質問すると、一般的なつくり方(たとえば梁ならば、四隅に 12φの鉄筋、10φの帯筋を 15 cm 間隔で入れている)と答えるが、実際の建設現場をみると、その入れ方はバラバラである。また、実際の施工になると、さまざまな事情で設計図通りには施工されないことが多い。
- ・役所による検査は、敷地の検査と電気など設備の検査に限られる。建物の建て方に関しては規則(Regulation)がない。
- ・「高い建物は危ない」という認識はある。また、「川沿いで地盤が弱いので、丈夫な基礎が必要である」という認識もある。ただしこれらは地震対策のためではなく、突然の倒壊などを心配しているためである。
- ・建設資金は、全額自己資金の場合もあるが、多くの場合、民間金融からの借金をしている。国から最大 6 万ペソ借りられるという話もあるが、実際に借りている人はなく、借りられるとも思っていない。標準的な建設費は RCFM 造 2 階建てで 10-30 万ペソである。
- ・実際の建設期間は、かなり短い。資金さえあれば、2 階建ての RCFM 造で、Carpenter 2 名、Labor 6 名で 45-60 日程度で完成する。ただしこれは基礎工事込みの時間であり、上物だけなら 2-3 週間で完成する。
- ・さらに建設工事が途中で中断されている建物が多い。これは、建設資金がとぎれたために中断しているため

で、資金がたまれば再開される。このような理由から、1 軒の家の完成までには何年もかかる場合が多い。同様な理由で、最初は 1 階建てであるが、資金がたまると上階を増築してゆく傾向がある。ただし 4 階建て以上は危険であるとの認識もある。

d) 過去の災害経験

- ・1990 年のバギオ地震をはじめとして、いくつかの小さな地震を経験している
- ・被災の経験については洪水災害のみである。

(3) 建物の構造・施工法の調査

- ・この地区における標準的な住宅は、平面が 3m×8m (24 m²) の RCFM 造 2-3 階建てである。工事中の同型住宅(写真 2)の配筋方法を調査した結果、その平均的な柱・梁断面は図 8 に示す通りである。

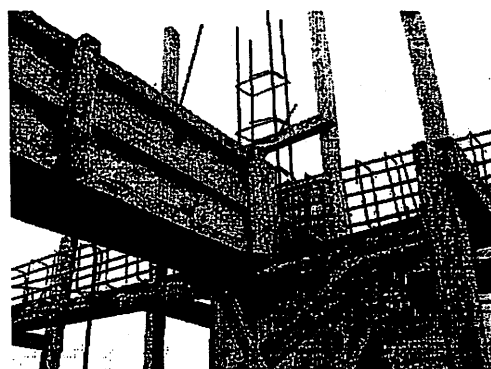


写真 2 工事中の住宅

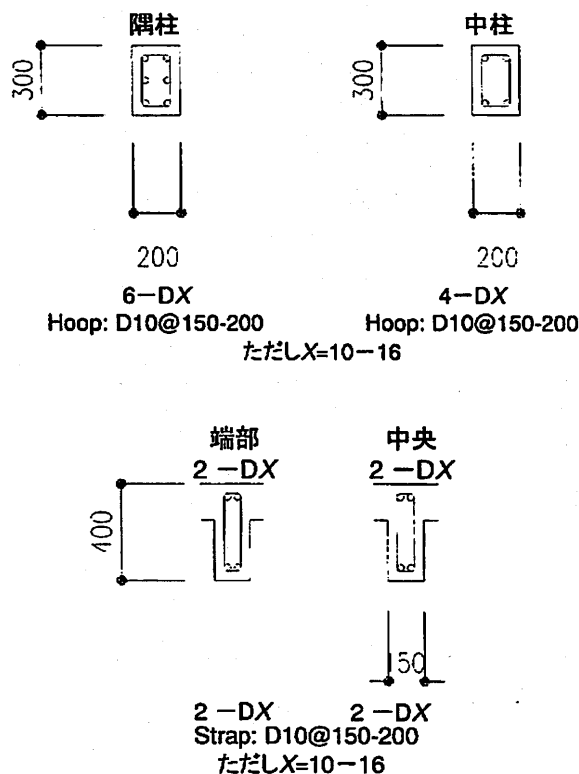


図8 柱・梁断面図

すなわち、柱主筋は D10-D16 を使用、帯筋は D10 を使用し、間隔は 150-200 mm。梁主筋は D10-D12 を使用、帯筋は D10 を使用し、間隔は 150-200 mm。スラブ筋は D10 を使用し、間隔は 150-200 mm。スラブ筋は D10 を使用し、200 mm の間隔で格子状に配筋。これらは平均的な値であり、建物によるばらつきはきわめて大きい。また、一本の梁・柱におけるあばら筋・帯筋の間隔についても、そのばらつきが大きい。さらに、帯筋やあばら筋の端末部のフック定着は全くなされておらず、梁主筋の付着・定着長さも不十分である。さらにインタビューの結果より、16φの鉄筋の使用は強い建物の条件のように考えられており、「この建物には 16φの鉄筋を使っているのが強い」という意見が頻出している。現場で採集した鉄筋の強度は、現在試験中である。

- ・コンクリートは現場練り。スランプ値は計測していないが、板の上で練っているところを見ると、ほとんど水のようなコンクリートである。バケツで型枠に流し込んでゆく。
- ・壁に用いられるブロックはきわめてもろい。さわっているだけで、角がボロボロととれてゆくほどである。

6. 考察

フィリピン・マリキナ市を対象とした、Non-Engineered 住宅の調査を通して明らかになった地震防災上の問題点について、以下に考察をおこなう。

(1) 耐震基準が守られない理由の考察

フィリピンの耐震基準は米国の UBC や ACI などに準拠している。したがって、この基準通りに設計・施工がなされれば、十分な耐震性を有する建物が完成するはずである。しかし本研究で対象としている RCFM 造の住宅では、明らかにこの基準が守られていない。現場の職人は、耐震基準に関する知識をもっていないことも明らかになった。一方マリキナ市においては、市役所で設計図の審査を受け、建設許可が交付される制度となっている。この設計図を作成するのは専門の技術者であるにもかかわらず、この図面には構造的に重要な部分の詳細が欠落している。したがって、図面通りに建設しても、基準を満たすような建物ができあがる可能性はきわめて低い。結果として多くの場合、接合部の定着など構造的にきわめて重要な部分が、安易な方法で施工されている。

以上のような状況から判断すると、耐震基準が守られない理由の一つは、技術者も基準を知らない、あるいは、知っていても何らかの理由で設計図に反映しないためであると考えられる。結果として不完全な図面で工事をしなければならぬため、基準を守ることができない。今後技術者に対する調査によって、なぜこのような状況が発生するのかを解明する必要がある。

また、設計図の審査をする市役所の体制にも問題があると考えられる。この審査の段階で、耐震基準を参照したチェックがなされていないことは、許可済みの設計図からもあきらかである。今後市役所における設計図の審査過程を調査することによって、解明しなければならない課題である。

(2) 施工不良の要因

本研究で対象としている建物が十分な耐震性を有しないであろうと判断される理由の一つに、その施工の悪さがあげられる。この原因としては、建設職人の技術力の不足や設計図を軽視した施工の習慣などが大きな要因として浮かび上がってきた。

まず、建設職人の技量の不足の問題であるが、Carpenter や Mason と呼ばれる技術職人が実践で学んできた建設技術に工学的根拠が乏しい点があげられる。この結果、帯筋の間隔がまちまちであったり、梁柱接合部の定着がなかったり、コンクリートがスカスカだったり、耐震的に重要な点に配慮がなされていない場合が多い。しかし一方、海外出稼ぎで正確な技術を取得してきた職人もいるのだが、彼らの技術は自宅の建設以外にほとんど生かされていないことも明らかになった。このような地域の中で正確な技術をもった職人を選び出し、彼らによって正しい技術を広めるしくみをつくることは、きわめて重要な課題である。

つぎに、設計図を作成しても、それに従わない施工がなされていることも大きな問題である。インタビューでは、2階建てで申請したものの資金の都合で1階建てとしたケースや、図面にはない拡張工事をするケースなど、設計図を軽視する傾向が見受けられる。信頼できる設計図を作成することが、設計図に従った良質な施工を促す重要な要因であると考えられる。

(3) 丈夫な建物を作るための正しい知識の欠如

施主には丈夫な住宅を建てたいという願望があり、建設に際してさまざまな工夫や投資をしている。たとえば、将来2階以上にする予定があるときには1階は丈夫につくる、あるいは、基礎を深く掘るなど、建設費を節約するどころか安全のために積極的に投資している。しかし一方で、丈夫な建物を作るための正確な知識が欠如していることも明らかになった。たとえば「16φの鉄筋を使っている建物が強い建物である」というような認識はその典型例である。すなわち、一般に梁・柱の主筋に必要とされる鉄筋量（鉄筋径・本数）は、想定する荷重、断面の大きさ、コンクリートの強度などの関係から算定されるため、鉄筋量だけでその耐震性をあらわすことはできない。したがって、上述したようなコンクリート打設不良によるコンクリート強度・付着の不足、あるいは梁・柱接合部における鉄筋の定着長さの不足、鉄筋末端部の処理の不良など、鉄筋量以外の要因が耐震性能にきわめて大きな影響を与えるという知識が欠如しているといえる。帯筋に関しても同様で、平均的な帯筋間隔の問題よりも、その間隔が一本の柱の中でもまちまちである点や、フックなどの端末処理が全くなされていない点など、たとえ構造設計をおこなったとしても、これらの施工上の問題点の改善なしには計算上の強度を得ることはできない。これは主として資金の都合ではなく、正しい知識の欠如によって、耐震性の低い建物が建設されてしまっていることを示唆している。資金が不足した場合には建設を中断するだけで、材料の質や量をおとして建設することはあまりない。したがって、構造的に正しい施工法を、具体的かつ実践的な情報として提供することは、これら建物の耐震性向上にきわめて大きな役割を果たすものと考えられる。また彼らがいう「丈夫な建物」とは、耐震性の高い建物を意味しない。したがって、地震の危険や耐震性の高い建物の必要性などに関する情報の提供もあわせて必要である。

(4) RC住宅所有の願望

インタビューをした多くの世帯では、最初は Light Material 造（ブロックや木）家であったが、RCFM 造に改築している。また、現在ブロック+木造の家である場合も、将来は RCFM 造の住宅を希望している。これは純粋に資金の問題であり、お金が貯まるにしたがって、Light Material 造から RCFM 造へ転換してゆく図式が指摘できる。地震時には、2 階建て以上の RCFM 造は層破壊の危険があり、高い耐震性を実現できる建設方法の普及は急務である。

7. まとめ

本研究では、発展途上国の Non-Engineered 住宅の地震防災に関して、フィリピン・マリキナ市における RCFM 造 Non-Engineered 住宅を事例に、建設にかかるさまざまな背景やその建設過程、さらに建物構造に関する調査を行った。その結果、これら耐震性の低い建物が建設される背景には、経済的貧困以外にさまざまな要因が存在することが明らかになった。言い換えると、経済的要因は問題の一部にすぎず、より制度的・技術的な要因が複雑に絡み合っているシステムの問題としてとらえる必要があるといえる。

今後の課題としては、材料の強度試験や建物の水平力載加試験をととした構造物の耐震性能の評価とともに、このような住宅が建設されるプロセスの全体像をシステムとして記述し、リスクマネジメント・プロセスを適用して、地域に適した地震被害軽減策を開発してゆく予定である。

謝辞

本研究の一部は、科学技術振興調整費「アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減化技術の開発とその体系化に関する研究（研究代表者：亀田弘行 地震防災フロンティア研究センター長）」によるものである。

参考文献

- 1) 建設省建築研究所：開発途上国に対する住宅建設技術移転に関する研究 ―枠組組積造構造設計法の開発― 概要集、1994.
- 2) Bartolome C. Bautista, Ma. Leonila P. Bautista, Raymundo S. Punongbayan, Ishmael C. Narag and Winchelle Ian G. Sevilla: A Deterministic Ground Motion Hazard Assessment of Metro Manila, Philippines. Third Multi-lateral Workshop on Development of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technologies and their Integration for the Asia-Pacific region, EDM Technical Report, No.11, pp 323-342, 2001.
- 3) 葉袋（安田）奈美子：オリジネート組織試験 ―フィリピンの住環境整備支援実施の考察を通して―、第 34 回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 157-162, 1999.
- 4) 葉袋奈美子、内田雄造、加藤麻由美、居林昌宏：フィリピンのコミュニティ抵当事業における「オリジネーター」に関する研究 ―中間セクターとしての特徴と役割について

一、第 29 回日本都市計画学会学術研究論文集、pp. 715-720, 1994.

- 5) Association of Structural Engineers of the Philippines, National Structural Code of the Philippines 2001, Vol. 1, Buildings, Towers, and Other Vertical Structures, Fifth Ed., 2001.

(原稿受付 2003.5.23)