

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏名 エカ ジュリアファド

インドネシア西スマトラ州の首都である Padang City（パダン市）は、スマトラ島の西海岸に位置しているが、2009 年 9 月 30 日の 17:16:09（西インドネシア時間）に発生した地震（マグニチュード 7.6）で 1,000 人を超える死者が出るなど、この地震による最大の被災地になった。被災建物の多くは鉄筋コンクリート（RC）構造の住宅や学校、事務所ビルであった。パダン市の沖合には地震空白域の存在が指摘されていることから、将来的に巨大地震発生の危険性が高いこと、また最近の人口増加を合わせて考えると、パダン市の RC 建物に対する効果的な地震対策が喫緊の課題である。

一方で、パダン市には「Minangkabau（ミナカバ）」と呼ばれる古い部族社会の伝統と母系家族制度に基づく土地取得制度がある。パダン市内の総面積の 70%以上を占める土地は、この制度に基づいて、部族の女性のみによって世代から世代へと継承されている。また各部族には「ママック」と呼ばれる部族の指導者がおり、この指導者が土地の管理をしている。部族所有の土地に建物を建設する際は、部族メンバーであっても行政であっても、ママックから許可をもらう必要があるし、ママックから許可をもらえば、建築基準に準拠しない建物でも建設することができる。

本研究では、上記のようなパダン市の状況を踏まえ、パダン市の建物の性能に大きな影響を及ぼしている部族指導者であるママックの RC 建物への理解を深め、RC 建物の耐震化への意識を高める技術的ツールを開発した。具体的には、「Development of Assessment Tools for Disaster Reduction of RC Building due to Future Mega Earthquake in Padang City Indonesia（パダン市（インドネシア）の将来の巨大地震による災害軽減のための鉄筋コンクリート構造物の耐震性評価ツールの開発）」というタイトルの下、以下で説明する 7 章からなる研究論文として、上記の目的に沿う研究を実施した。各章の内容は以下のとおりである。

第 1 章は導入の章で、この章では本研究の背景と動機、研究対象地域であるパダン市の概要と過去の地震災害、本研究の目的と研究で用いる方法論について、過去の研究のレビューと合わせて解説している。

第 2 章では、パダン市における RC 建物の地震安全性向上を目的とした評価ツールの開発のために、パダン市で実施した RC 建物の建設を取り巻く技術的・社会的環境の調査結果を紹介する。具体的には、建築文書、現地調査、グーグルストリートビューを用いた分析から、パダン市の建物の 85%以上が RC 建物であること、またこれらの RC 建物の多くが組積壁を有する低層 RC 建物であること、現場観察と建築関係者へのインタビューからは、建築基準の改定は進んでいるが、これを管理する建築職員の数が不足しているので、実際は守られておらず、結果として、低品質のコンクリートが用いられたり、鉄筋の配筋の不適切さなどの問題が発生していることを指摘した。また、パダン市の先住民族のコミュニティ（Minangkabau：ミナカバ）が有する「マトリカット」と呼ばれる母系家族制度に基づく土地取得制度についても紹介している。パダン市内の総面

積の 70%以上を占める土地は、この制度に基づいて、部族の女性のみによって世代から世代へと継承されている。

第 3 章では、パダン市における RC 建物の建築基準の内容の説明と、今日に至るまでの変遷に関して調査した結果を紹介している。

第 4 章では、パダン市における実際の RC 建物の性能を評価するために行った調査・実験と、建築行政職員と地元の建築関係者（請負者と職人）を対象として行ったインタビュー調査、さらにパダン市の部族リーダー（ママック）を対象に行ったインタビュー調査について紹介している。具体的には、既存 RC 建物から摂取した建設材料を用いた多数の強度試験による品質調査を行うとともに、パダン市の建築行政職員と地元の多くの建築関係者へのインタビューを実施し、パダン市内の RC 建物が実際にはどのような施工方法で建設されているのかを調査した。また、パダン市の先住民族（ミナカバ）のコミュニティのリーダー（ママック）を対象に RC 建物の耐震性に関する理解度を把握するためのインタビュー調査を実施した。これらの調査結果から、パダン市内の RC 建物の性能を評価した結果をまとめている。

第 5 章では、本研究で構築した被害関数について解説している。パダン市内の典型的な RC 建物（5 つのタイプの組積壁を有する低層 RC 建物で、これがパダン市の RC 建物の 6 割を占める）をモデル化し、この建物モデルに、周波数特性を踏まえて選択した過去に得られている代表的な地震動記録の振幅を変化させながら作用させて、この被災度の程度からパダン市内の RC 建物の被害関数を作成する。本研究では数値解析手法としては、構造物の健全な状態から完全崩壊に至るまでの挙動の追跡が可能な応用要素法（AEM）を用い、入力地震動の指標としては最大加速度（PGA）、被害の程度を表す指標としては HAZUS による被害評価基準を用いた。2009 年の地震による地震動分布と本研究で構築した被害関数を用いて評価した被害とパダン市内の各エリアでの実際の被害を比較したところ、両者が良く一致し、開発した被害関数がパダン市の RC 建物の耐震性評価ツールとして有効であることが分かった。

第 6 章では、前章で開発した被害関数や数値解析手法を用いて、パダン市における RC 建物の耐震性を向上させるための戦略に関して議論している。

第 7 章はまとめの章で、本研究全体の概要と結論を述べるとともに、研究成果の適用限界や今後解決すべき課題についてまとめている。

以上のように、本論文では、将来的に巨大地震が襲う危険性の高いインドネシア西スマトラ州の州都であるパダン市の脆弱性の高い RC 建物を対象に、建設を取り巻く技術的・社会的な環境を調査して課題を整理するとともに、現地調査に基づいた材料特性と数値解析的なアプローチによって、精度の高い被害関数を開発した。本研究で構築された被害関数や数値解析モデルは、パダン市の行政が今後の地震対策を構築する上で効果的なツールになるものである。また、これらのツールを用いると、将来の地震時の被害状況が、適切な耐震設計と施工をした場合と現状の場合で大きく変わることを分かりやすく示すことができるので、パダン市における建物の耐震性の向上に大きな影響を有する部族のリーダー（ママック）の耐震性の重要性の理解を促進し、地域の安全性の向上に大きく貢献する可能性を持つ研究成果として高く評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。