OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A Novel Analytical Model for Seismic Performance Evaluation of RC Frame with Coupled CLT Infill Panels
Author(s)	Velazquez Mesa, Alejandro
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/107144
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name （ALEJANDRO VELÁZQUEZ MESA）	
Title	A Novel Analytical Model for Seismic Performance Evaluation of RC Frame with Coupled CLT Infill Panels (CLT壁を並列内蔵したRC架構の耐震性能評価のための新しい解析モデル)

Abstract of Thesis

This study investigates the in-plane seismic performance of reinforced concrete (RC) frames with cross-laminated timber (CLT) infill panels through experimental and analytical approaches. The research provides experimental data on RC-CLT hybrid structures, and a practical analytical macro-model is proposed and validated to simulate the RC frame-CLT infill interaction, providing a global and user-friendly tool for seismic performance evaluation and structural design of RC-CLT hybrid structures. The present thesis consists of seven chapters as follows:

Chapter 1 presents the research background, objectives, and scope of the study, together with a review of previous research related to RC frames with CLT infill panels. The study was motivated by the need to reduce the environmental impact of the construction industry and the potential application of CLT panels in RC structures toward this goal.

Chapter 2 describes the experimental program conducted on four 40%-scale column-yielding RC frame specimens subjected to static cyclic loading tests. The specimens consisted of a bare frame specimen (BF) and three RC frames with CLT infill panels having different connection conditions with the RC members: without any anchor connections (WF), with beam-only anchor connections (WF_{BA}), and with both beam and column anchor connections (WF_{BCA}).

Chapter 3 presents the experimental results. In specimens with CLT infill panels, flexural and shear cracks developed along the beam span due to the rocking behavior of the panels, whereas flexural cracks in the bare frame specimen were concentrated near the beam ends. The damage progression of the columns was generally similar among all specimens regardless of the presence of CLT panels or connection conditions. The results demonstrated that the CLT infill panels significantly improved the initial stiffness and lateral strength of the RC frames (more than double the lateral strength of bare frame).

Chapter 4 proposes a simplified analytical macro-model for RC frames with CLT infill panels based on experimental observations. The RC beams and columns were modeled using conventional nonlinear member models, while the CLT panels were represented by line elements connected to beams with multiple independent axial springs at both ends. The restoring force characteristics of the springs were defined using the average compressive stress–strain relationship of the CLT panels. While tensile resistance of the springs was neglected to reproduce the observed rocking behavior.

Chapter 5 presents the validation of the proposed analytical model through comparisons between experimental results and nonlinear pushover and cyclic loading analyses results conducted under similar conditions to the experiments. The analytical model reproduced the global structural response and failure characteristics with reasonable accuracy.

Chapter 6 discusses behavioral characteristics and design-related findings obtained from analytical investigations using the validated model, complementing the experimental observations.

Finally, Chapter 7 summarizes the main conclusions of the study. The results confirm that RC frames with CLT infill panels can provide improved seismic performance while offering potential environmental benefits. In addition, the proposed analytical model provides a practical and computationally efficient approach for evaluating the seismic behavior/performance of RC-CLT hybrid structures.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　　名	（ ALEJANDRO VELÁZQUEZ MESA ）	
論文審査担当者	（職）	氏　　名
	主 査　　教授	真田　靖士
	副 査　　教授	桑原　進
	副 査　　教授	柏　尚稔
	副 査　　准教授	高橋　之
	副 査　　准教授	瀧野　敦夫

論文審査の結果の要旨

本論文は Cross Laminated Timber（CLT）パネルによる充填壁（以下，CLT 壁と称す）を有する鉄筋コンクリート（RC）柱梁架構の壁面内方向の耐震性能を実験的，解析的に解明することを主目的とし，「CLT 壁を並列内蔵した RC 架構の耐震性能評価のための新しい解析モデル」と題する研究についてまとめたものであり，以下の全 7 章から構成されている．

第 1 章「序論」では，本研究の背景と関連する既往の研究を整理し，本研究の目的と適用範囲を示している．また，本研究では CLT 壁の RC 架構への適用を通して建設界の環境影響の低減に貢献しようとする旨の動機についても解説している．

第 2 章「CLT 壁を有する RC 架構の実験計画」では，CLT 壁が RC 架構の耐震性能に与える影響を解明するための静的繰り返し載荷実験の計画をまとめている．実験対象である 4 体の 40%縮小の柱降伏先行型 RC 架構試験体，実験の変動因子である CLT 壁の設置方法と CLT 壁と RC 架構の接合方法，構造要素の材料特性，実験方法などについて詳述している．

第 3 章「CLT 壁を有する RC 架構の実験結果」では，CLT 壁が RC 架構の地震時損傷に与える影響や，CLT 壁と RC 架構の接合詳細の影響を示しながら，とくに CLT 壁は RC 架構の初期剛性や水平耐力への寄与が大きく耐震性能を向上する可能性があることを明らかにしている．

第 4 章「CLT 壁を有する RC 架構の解析モデルの構築」では，実験による知見に基づいて，耐震設計実務での利用を想定した CLT 壁を有する RC 架構のマクロ解析モデルを提案している．とくに CLT 壁をその回転挙動と RC 梁への影響を再現するために，上下端部に複数の独立した軸方向バネを有する線材に置換し，それらのバネを梁に直接接合する独創的かつ合理的な方法を提案している．

第 5 章「解析モデルの検証」では，第 2，3 章の実験結果を第 4 章の新しい解析モデルにより評価し，解析モデルが実験結果を良好に再現することを明らかにしている．とくに耐震性能を表わす荷重－変形関係の骨格曲線のみでなく，繰り返し載荷時の履歴曲線の再現性についても詳細に分析されている点が特筆される．

第 6 章「総合的な考察」では，第 2，3 章の実験結果では評価が困難であった試験体の内部応力について，解析的な評価結果をまとめるとともに，実験では包含しきれなかった変動因子，例えば壁厚や壁配置が架構の耐震性能に与える影響などについて解析的に補完し，耐震設計実務に有益な知見を提示している．

第 7 章「結論と提言」では，研究全体を総括し，将来に向けた課題をまとめている．

以上のように，本論文は近年の建設界における環境影響の低減を実現する一つの方法として着目される CLT 材料を対象に，RC 架構の耐震壁としての利用を実現するための基礎的な実験的知見，実用的な解析モデルの構築を実現し，本研究の適用範囲においてその耐震性能評価を実現している．これらの成果は現在未確立の CLT 壁を有する次世代の RC 構造の実現に寄与し，もって持続的な地球環境の実現に貢献するものである．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．