

博士論文審査報告書

論文題目

プレファブ土壁の静的・動的加力下における
構造特性に関する研究

Structural Performance of Prefabricated Mud - Shear Wall
under Static and Dynamic Loadings

申請者

脇田	健裕
Takehiro	WAKITA

--

土壁は、古来より我が国における木造建築物の主要な内外装の仕上げかつ、構造要素の一つであった。長い年月を経て発達した我が国の土壁文化であったが、戦後の住宅構法の変化に伴い一部の特殊な建築物を除き大きく衰退した。高度経済成長に伴う日本社会の近代化は、あらゆる面での合理化を要求し、湿式構法による土壁は非効率であるとみなされ、短期間のうちにボード類を用いた乾式構法にその地位を奪われた。このように、近年は木造建築物への伝統的土壁の適用が大幅に減少しているが、本研究は小型ユニットによるプレファブ化を行った土壁を用いることで、土壁の現代的な建築生産への適応性を向上させることと共に、土壁の製造に不可欠なものとして長年に渡り培われてきた左官技法の継承に寄与することを目的としている。

本研究で提案されているプレファブ土壁の特徴は以下の通り、生産に関わる特徴と構造特性に関わる特徴とに大分することが出来るとしている。

先ず生産に関わる特徴としては、小型軽量化した土壁単体ユニットを現場での組み立てに先立ってあらかじめ製作しておくこと(プレファブ化)が挙げられる。これにより、現場での耐力壁の製作を簡易化して施工期間を大幅に短縮することが可能である。この時に、単体ユニットの寸法、使用する竹木舞や壁土材料については、地域ごとの条件に基づいて決めることも可能であって、個々の地域で伝統的に受け継がれてきた壁土材料と左官技法を活かした建築物を計画することが可能となる。

一方の構造的特性に関する特徴の一つとしては、プレファブ土壁の単体ユニットの縦横比を1:1に近くしてあることが挙げられる。引張、せん断強度に比して圧縮強度の高い壁土の特性を考えると、このようなユニット形状を採用することで、せん断力に対する対角線方向の圧縮抵抗力を伝統的土壁よりも効率よく利用することが可能であると考えられる。構造的特性に関する今一つの特長として、土壁全体は同じ単体ユニットが規則的・機械的に複数組み合されて構成されているため、壁全体の構造的特性は、単体ユニットの復元力特性を実験により把握してあれば、寸法や開口形状の多様性、さらには施工者の技量の多様性にも柔軟に対応して、比較的簡単な解析で正確に把握可能であることが挙げられるとしている。

上記のような背景を踏まえ、本論文において著者は、プレファブ土壁の建築物の構造要素としての力学的特性を、静的・動的試験により検討すると共に、その力学的特性を推定する解析手法の構築も行い、プレファブ土壁を建築物の構造体として用いることの妥当性と、その実用方法を明らかにしている。本論文は6章から構成されており、各章の概要は以下の通りである。

第1章は、序論である。本研究の背景、既往の研究の概要、研究の目的、及び本論文の構成を記している。

第2章では、プレファブ土壁に用いる単体ユニットの、基本力学的特性に関する検討を行っている。

単体ユニットのせん断抵抗力は初期剛性が低いものの、繰り返しの加力に対する耐力の低下は少なく、かつ高い変形能力を有していることが明らかとなっている。また、単体ユニットの枠材を上下フレームに木ねじを用いて固定することで、初期剛性及び最大耐力が向上することが示されている。

なお、本試験では、単体ユニット壁土部のせん断加力に伴う損傷を定量的に評価する方法として、超音波の伝播時間変化を測定する手法の適用を試みている。この測定結果によれば、加力による単体ユニットのせん断変形角の増加と、壁土部の超音波伝播時間の測定値の増加との相関性が高いことが示されている。試験前後の超音波伝播時間の増加率を指標とすることで、当該部分の損傷の度合いを推定可能であると判断している。また、本測定に基づく損傷評価は、単体ユニットの加力において、そのせん断変形角の増加に伴いユニットの隅角部近傍の壁土部からその損傷が進行する過程とほぼ整合することを明らかにしている。

第3章では、第2章で示した単体ユニットの集合体である、プレファブ土壁の実大全面壁について、その静的な力学的特性をせん断加力試験により検討している。

プレファブ土壁の初期剛性は伝統的土壁や合板耐力壁と比べて低いが、終局変形角に至るまで耐力は上昇する。現行の壁倍率評価法に則った設計用特性値による評価では、プレファブ土壁は初期剛性と塑性率が低いため、伝統的土壁あるいは合板耐力壁の壁倍率の半分以上となることが示されている。このようにプレファブ土壁の壁倍率が低い一因は、単体ユニットと周辺フレームの固定方法にあると判断している。

第4章では、各種の開口形状を持つプレファブ土壁実大壁の、動的な力学的特性を振動台実験により検討している。

地震波による加振に基づく検討によれば、復元力特性の特徴は概ね静的加力試験結果に準ずるが、静的よりも動的の方が剛性、耐力共に若干低い結果となっている。これは、地震波による複数回の加振による振動の影響により、単体ユニットとフレーム間に生じた隙が増大したためであると考察している。また、本実験でも超音波伝播時間の測定による損傷評価を実施しており、地震波加振の前後を比較すると、全面壁では各ユニットの隅角部にほぼ均等に損傷が発生したのに対し、開口のある試験体では、開口部横のユニットに損傷が集中するとして、理論ならびに実験結果の目視との整合性を確認している。

第5章では、プレファブ土壁の力学的特性を推定する解析手法の構築とその検証を行っている。また、本解析手法を用いて、各種の開口形状を持つプレファブ土壁の静的及び動的な力学的特性についても検討している。

はじめに、第2章で検討したプレファブ土壁単体ユニットの力学的特性を拡張NCLモデルを用いたせん断ばねによりモデル化している。次いで、このせん断ばねと各要素の部材モデルを組み合わせた簡単なフレームモデルとしてプレファブ土壁の解析モデルを構築している。本モデルを用いて静的な解析を行った結果は、第3章の実大全面壁の実験結果と極めて良く対応しており、本解析手法が妥当であると確認出来る。さらに、第4章で行った各種開口形状を持つプレファブ土壁の、振動台実験を模擬した動的解析を行い、その結果を実験結果と比較している。実験結果と解析結果の応答は概ねよく対応しており、動的解析においても本解析モデルの妥当性を確認している。

第6章は、結論であり、以上の検討から得られた知見を総括している。

以上を要するに、著者の提案するプレファブ土壁は、伝統的土壁の製作技法を継承しながら、現代的な建築生産への適応性を高めた構法である。本論文で著者はプレファブ土壁の力学的特性を検討するため、単体ユニット、実大壁のそれぞれについて静的及び動的試験を実施し、プレファブ土壁が建築物の耐力壁として適用可能な性能を有していることを実験的に明らかにすると共に、プレファブ土壁の力学的特性を、簡単な解析モデルにより推定する手法を構築することで、プレファブ土壁の構造設計への効果的な適用法を示している。

本研究により得られた成果は、木造建築物の設計においてプレファブ土壁を実用に供するために極めて有用であり、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

2014年2月

審査員（主査）	早稲田大学教授	工学博士（早大）	曾田五月也
	早稲田大学教授	Ph.D.（コロンビア大学）	西谷 章
		工学博士（早大）	
	早稲田大学教授	博士（工学）（早大）	前田 寿朗
	早稲田大学教授	博士（工学）（早大）	輿石 直幸