

## 論文の内容の要旨

論文題目 近代木造建築の壁構法と構造性能に関する研究  
木摺漆喰壁の構成要素と水平力抵抗機構

氏 名 松本 直之

幕末以来、西洋由来の技術が導入され建設された近代木造建築は、現代の木造軸組構法へ繋がる多様な技術や様式の受容過程を示す遺構であると同時に、登録文化財制度の整備以降、地域に根付いた文化資源としての価値が認知されつつある。しかし一方で、近代に建てられた木造建築には、伝統的な木造構法と新技術が混在した構法も多く、構造性能評価の基準や指標が未整備であるものが多い。そのため、例えば近年では東北地方太平洋沖地震による広域多数の被災建築物の復旧において、専門的技術者の関与しない改修における過剰な補強や不要な取り壊しが顕在化したことが報告されている。

一方、近代には木造建築に筋違や耐力壁の設置、金物での緊結による構造補強が進められたことは広く知られているが、なかでも主要な水平抵抗要素である壁構法は、新たな材料や構法の導入により多様な展開を見せた。これらの適切な補強、改修を行うためには、従前の構造性能を評価することが必要になる。しかし小舞土壁や板壁といった近世以前からある構法や、筋違、ラスモルタル壁などの現代の構法については実験の蓄積や解析方法の提案が行われ、評価方法が確立しつつあるのに対し、近代の壁に着目した研究は未だ少なく、実際には余力を見込むことのできる多様な壁が存在していると予想される。

なかでも本研究が着目する、目透かしに張った木板下地に漆喰を塗った壁である木摺漆喰壁は、近代木造の壁に広く用いられたことが知られているが、現在は実大試験による以外は、漆喰を考慮しない水平張りの場合の文献値を用いる他ない。一方で、既往の実験においては、漆喰による剛性上昇や漆喰破壊後の耐力の増加が報告されている。そのため、漆喰を含めた木摺壁の構造性能を解析的に評価することが出来れば、耐震診断や構造性能評価における耐力・偏心率等の適切な評価につながり、増加する近代木造建築の保存・改修に資すると考える。

以上の背景のもとに、本研究は、既往の地震被害にみられる特徴から近代木造の被害と構法との関係を明らかにすること、壁構法の構成要素に着目して変遷と分布を把握し、主要な近代以降の壁構法とその構造性能に影響する部材寸法の範囲を明らかにすること、これらを踏まえ、主要な耐力壁構法（木摺漆喰壁）の水平力抵抗機構を実験的に解明し、基礎的な構造性能として初期剛性、最大荷重に関する力学モデルを提示することを目的とした。

具体的には、第2章では近年の地震被害として2011年東北地方太平洋沖地震における近代木造建築の被害と構法の関係について現地調査を実施した。第3章では、近代木造の壁構法の構成要素の種類と分布、木摺壁の耐力に影響する部位の寸法変化の把握を目的として、文化財修理工事報告書の文献調査を実施した。第4章では、真壁水平木摺壁および大壁斜め木摺壁を対象とした静的加力試験を実施し、水平力抵抗機構の検討を行い、木摺部分の主要な抵抗要素に着目して、初期剛性と最大荷重の推定を目的とした力学モデルを提示した。第5章では、静的試験から把握された抵抗要素を対象とした要素実験を行い、その構造性能を明らかにした。第6章では、水平抵抗要素による力学モデルに要素実験結果を適用し、真壁水平木摺壁、および大壁斜め木摺壁に対する静的解析を実施し、実験結果との比較と適用条件の考察からその妥当性を検証した。

## 第1章：研究の背景、目的、方法

背景として近代木造建築の増加、構法的多様性を類型的に把握し、構造性能を明らかにして行くことの必要性について述べた。研究目的は、実際の地震被害と近代木造構法の関係、壁構法の構成要素に着目した構法の全体像の把握、主要な壁である木摺壁の構造性能の実験的検証に基づくモデル化であるとした。既往研究との関連では、近年行われた構法の分析研究との視角の違い、関連する耐力壁構法の研究との関連、木摺壁構法の研究の近年の動向との関連について述べた。

## 第2章：近代木造建築の地震被害調査

2011年東北地方太平洋沖地震による東北地方近代木造建築の地震被害調査を実施し、被害の傾向および特徴的な構法と被害の関係についてまとめた。

近代的構法に特徴的な被害として、石積の布基礎と、木摺漆喰壁の剥落被害があることを明らかにした。特に木摺漆喰の漆喰剥落被害の特徴として、木摺空きでの破壊と中塗り層での破壊が見られることを示した。また、剥落被害と構法の関係として、開口部との位置関係、下葎の真鍮釘による固定や、塗り材料の影響、漆喰と下地の空きに葎小舞が挿入されて定着を妨げている場合があること、などの特徴が確認された。

### 第3章：近代木造建築の壁構法の変遷および木摺壁の寸法分析

重要文化財を中心とした111棟の近代木造建築の壁構法の構成要素を文献調査から明らかにし、大壁・真壁の別や下地・仕上げの各層の組み合わせを分析した。特に、水平耐力に影響する外周壁構法の構成について、外周壁外側・内側それぞれの構法を整理した。外周壁全体の組み合わせとしては、木摺下地漆喰仕上げが全体の約20%を占め、最も多い構法であった。以上より、近代木造建築の代表的な壁構法の一つとして、内側：木摺漆喰・外側：間柱下見板の壁を抽出した。木摺壁の構造的な類型（真壁・大壁、水平・斜め・堅）、既往の木摺壁に関する構法的な知見を整理しその位置づけを確認した。

文献調査から得られた木摺下地の幅、厚さ、空き（目透かし）、木摺張の方向性、接合具の仕様について分析し、主要寸法の傾向と変遷、範囲を示し、次章以降の実大試験体のモデルとした建物の位置づけを行った。

### 第4章：木摺漆喰壁の実大静的加力試験

真壁木摺漆喰壁および大壁斜め木摺漆喰壁の水平力抵抗機構を明らかにすることを目的として実大静的加力試験を実施した。

真壁水平木摺壁の実験の結果、初期は同寸法の土壁と同程度の剛性を発揮し、荷重は最大経過後（1/60rad.）には脆性的に約6割まで低下するものの大変形では漸増した。本仕様では、幅木と鴨居による壁の分割の影響により、漆喰層の拘束条件が変化（幅木端部破損）し、初期剛性時には四周拘束による漆喰層の圧縮が、最大荷重時には左右拘束となり漆喰層の回転による木摺空き漆喰のせん断がそれぞれ支配的となるという抵抗機構を示すと推定された。これらの場合に対し、木摺の釘接合部の回転剛性と上記の2つの機構を考慮した初期剛性推定モデルと最大耐力推定モデルを提示した。

大壁斜め木摺壁の実験結果から、木摺のみでは荷重は漸増し1/30rad.付近で釘の引き抜けによって荷重が低下した。漆喰を塗った場合は亀裂が入る1/450rad.までの初期剛性、木摺引張時の最大荷重に漆喰の影響が見られたが、斜め木摺と釘によるせん断抵抗の影響が大きい。また、下見板による木摺の座屈補剛の効果が確認された。木摺漆喰部分の主要な水平力抵抗機構として、釘接合部のせん断、木摺空きの漆喰のせん断、木摺引張方向加力の際の木摺空きの漆喰の圧縮を抵抗要素として指摘した。漆喰のせん断・圧縮の影響に関しては、試験体の漆喰の有無から差分に対して考察するにとどめ、全体のモデルとしては、斜め木摺の木摺と釘のせん断抵抗を考慮した解析モデルを提示した。

### 第5章：木摺壁の水平抵抗要素に関する要素実験

木摺漆喰壁の主要な水平抵抗要素であると推定した、木摺漆喰壁の釘接合部の回転抵抗及びせん断抵抗、木摺空きの漆喰のせん断抵抗、漆喰層の圧縮抵抗・せん断抵抗に関する要素実験を実施し、各抵抗要素のモデル化を行った。

## 第6章：木摺漆喰壁の水平力抵抗機構の力学モデル

前2章の結果をもとに、木摺漆喰壁の主要な抵抗要素を考慮した力学モデルの構築と解析を行った。本モデルでは、木摺漆喰部分の寄与に着目し、ピン接合の剛体フレームに木摺が取り付けられ、軸組の耐力と足し合わせが可能であり、柱の曲げ変形は無視できるとの仮定のもとに解析を行った。

鴨居・幅木を持つ真壁水平木摺壁では、初期剛性モデル（鴨居の上下共に対角圧縮）では要素実験による木摺漆喰壁のせん断剛性を適用することで初期剛性は約8割の結果を得た。最大耐力モデル（鴨居の下は木摺空きのせん断）では漆喰層の回転によるモーメント抵抗を木摺空きのせん断強度から算出し、剛性は変形の仮定により過大に評価しているものの、最大荷重については約1.3倍の結果を得た。

大壁の斜め木摺壁を対象とした解析では、木摺のみの場合を対象として要素実験による釘接合部のせん断ばねを柱、間柱に適用した。解析の結果、初期剛性、最大荷重共に実験値の上下約2割程度の範囲の結果となり、回転剛性の適用により解析の適用範囲内では比較的よい一致をみた。

## 第7章：結論

本研究は、近代木造の地震被害に見る構法的特徴、現存する壁構法の種類と仕様を踏まえ、これまで困難であった木摺漆喰壁の漆喰を含めた構造性能評価の基礎的な研究として、実験による水平力抵抗機構の推定と、木摺漆喰部分による初期剛性と最大荷重を推定する力学モデルの構築を試みたものである。

真壁水平木摺壁では、漆喰層の拘束条件（幅木・鴨居）が抵抗機構に影響することを示し、漆喰層の対角圧縮と木摺空きのせん断という要素がそれぞれ変形初期および最大荷重時に支配的であるとして評価し、初期剛性、最大荷重共に一定の有効性を示した。

大壁斜め木摺壁では釘のせん断による寄与が大きく、接合部の変形量の分配を仮定することで、漆喰がない場合の初期剛性と最大荷重を要素実験から概ね推定することが出来た。

今後は、本研究では考慮していない、木摺空き漆喰と漆喰層の連動した挙動や軸材の変形挙動の他、木摺漆喰と軸組の応力分担や漆喰の材料強度の経年変化などについて検討を行う必要がある。