

木摺り漆喰吊り天井の力学的挙動と持続可能な利活用に向けた健全度評価手法の提案

学位申請者 岡健太郎

東日本大震災では、数多くの建築物における、吊り天井部材の損傷が報告されたことから、天井材等の主要部位への安全性の確保に関わる指針類の制定などが進められ、既存建築物の天井部材においても、必要な対処を施すような維持保全・改修工事が実施されつつある。

一方で、現在進捗がある改修工事の主な対象は、その多くが昭和30年代以降に導入された鋼製下地・乾式工法の天井であり、それ以前に広く普及した木製下地・左官仕上げの天井は、個々の状態の違いが大きいため、系統的な耐力評価が困難であり、実工事への対応が進んでいないのが現状である。

本研究で取り扱う木摺り漆喰天井は、幕末期以降における近代建築技術の導入により、数多くの使用実績があり、天井構工法における建築技術の系譜を示す試料としても有用な位置づけにある。更に、漆喰天井仕上げの装飾性は概ね豊かで、その多くが文化性を有する観点からも、現在も残されて継続使用されている木摺り漆喰部の剥離・剥落に対する抵抗性および維持保全性を確保することは緊要といえる。

過去より、度重なり生じた震災に際し、木摺り漆喰天井に関する漆喰部損傷の報告等がなされてきたが、既往研究では、木摺り下地と漆喰の付着強度等に関する報告に止まっている状況を鑑みると、構工法の変遷に関する分析をはじめ、天井下地を含めた寸法等の外寸情報に基づく耐力の評価、および非破壊式による天井面上・下部からの抵抗機構・劣化状態の判断手法などが構築されることは、木摺り漆喰天井の健全度の評価や性能改善のための補修方法の選定に繋げられることが期待され、歴史的建築物の保存再生に資する有意義な検討といえる。

以上を踏まえ、本研究は、木摺り漆喰吊り天井の力学的挙動と持続可能な利活用に向けた健全度評価手法の提案と題し、当該工法の年代別変遷を文献調査により整理した上で、同時期に特有の部材仕様を把握し、吊り下地から漆喰層までの各部位の力学的特性を明らかにしている。続いて、木摺り漆喰天井、ならびに木製吊り下地の適切な健全度評価と継続的な活用を図るため、既存部材を用いた非破壊検査を試みている。当該結果を踏まえた、振動試験による破壊挙動との関連性を探るとともに、当該工法による既存天井部材の外観保持・継続使用を見据えた健全度診断手法の提案が行なわれた、全9章で構成される論文である。

第1章では、序論として研究目的を示すとともに、木摺り漆喰天井含む歴史的建築物の保護、継続活用の観点から問題提起を行ったうえで、知見が不足している年代の変遷、健全度評価手法、破壊メカニズムを検証することで適切な維持保全を行う必要性を示している。

第2章では、木摺り漆喰特性の力学的挙動と健全度評価・維持保全手法に関する既往の研究と題し、木摺り漆喰工法に関する知見を、壁部材・天井部材・左官工法の各視点から整理を行い、漆喰層の剥落に影響する因子を特性要因図により細分化し、本研究の検討分野との対応を整理している。

第3章では、木摺り漆喰工法に関わる歴史的変遷の調査と題し、幕末期～昭和期に建設された歴史的建築物の修理報告書や建築技術書などから、天井木摺り下地や吊り下地の仕様を抽出して年代別に整理し、寸法の変遷や各部材が分化する過程を示し、修理対象の歴史的建築物の竣工年代から、おおよその天井納まりを推測するための基礎データを収集している。

第4章では、木摺り漆喰工法における基礎力学的特性の実験的検討と題し、調合や材齢の種類などから漆喰材料の基本的な物性を確認した上で、木摺り漆喰を模した要素試験体を用いて、漆喰の食い込み深さや小幅板と漆喰の付着などをパラメータに漆喰引張試験を行い、最大荷重、破壊モードとの関係を明らかにしている。

第5章では、実在する建築物から採取した木摺り漆喰吊り天井を対象とした各種評価と題し、実建物の現地仕様および同採取材を対象に、吊り天井下地部の強度試験、ならびに採取天井部材を用いた漆喰引張試験の結果を、経年変化した天井事例として考察し、文献調査と要素試験体結果との整合性を明らかにしている。

第6章では、実在する建築物から採取した木摺り漆喰吊り天井に対する非破壊試験による力学的健全度評価と題し、既存部材に対する非破壊試験による健全度評価手法の検討のため、天井裏からの撮影画像を用いた木摺り下地と漆喰の嵌合状態や、天井仕上面の反発度測定値の面的な分布を相対比較し、天井部材の表裏からの評価により、漆喰部の剥落可能性のある脆弱部分とその特性を割り出す方法を示している。

第7章では、実験結果を基にした木摺り漆喰天井の保有耐力に関する解析的検討と題し、第4・5章の結果より、木摺り漆喰吊り天井部材の保有耐力や、想定荷重に対する保有耐力の余力（余裕度）のほか、要素試験体で設けた各パラメータが漆喰引張試験の最大耐力に対する影響度の評価を統計処理により行い、効率的な維持保全を行うための基礎的データを示している。

第8章では、木摺り漆喰天井部材における外力抵抗条件ごとの剥離・剥落状況の実験的検証と題し、現地採取天井材とそれを模した試験体に対して振動試験を行い、第4～7章の検討結果との関連性や剥落時のメカニズムを評価している。通常条件の試験体における漆喰層の損傷発生時の応答加速度（木摺り下地上端）は鉛直方向に10000galを超えており、第7章で推測した余裕度とも概ね合致することも示している。

最後に第9章では、論文全体を総括しており、過去に不明であった木摺り下地仕様や、漆喰調合の年代的変遷が踏まえられた力学的特性、現地採取試験体とそれを再現した試験部材との力学的な再現性を確認した上で、画像解析や反発度測定による破壊モードや脆弱化部分の推定、保有耐力の算定などを通して、木摺り漆喰吊り天井の耐震性に関わるポテンシャルを示すことができた。当該工法は、手作業や伝承による性格が強く、特に天井部材は殆ど研究がなされていなかったが、天井面内外の変形を始めとする各種課題の解法が示されたほか、既存の木摺り漆喰天井の施工状態・劣化状態を評価することで、技術的根拠を踏まえた補修・保存活用を図る基礎的な情報を示すことができたといえる。

公開発表会は、2023年9月30日に工学院大学新宿校舎での対面実施を基本に、遠隔会議システムを併用して開催された。聴講者は、大学所属の研究者をはじめ、文化財分野の専門家、設計事務所、建材メーカー、左官業事業者、学生など、総勢34名の参加があった。申請者による1時間程の説明を含む、合計2時間半にわたり質疑討論が活発に行われ、聴講者の多くは、文化財建造物の維持保全研究との関係が深いことから、数多くの質問や意見を頂くことができ、本研究の有用性が高く評価されたことが伺えた。そして、非構造部材の耐震性に関わる力学的挙動を丁寧に解き明かし、持続的な利活用に向けた健全度評価手法の提案を行った研究成果に対する大きな意義を認める評価を頂くことができたといえる。

以上のことから、本審査論文は博士（工学）を授与するにふさわしい十分な成果を有すると認められ、合格と判断できる。

2023年10月31日

主査 工学研究科建築学専攻・教授

田村 雅紀 

工学院大学論文審査委員会

主査 田村雅紀 様

博士論文審査評

論文題目

「木摺り漆喰吊り天井の力学的挙動と持続可能な利活用に向けた健全度評価手法の提案」

申請者：岡健太郎

本学位論文は、保存対象となるような近代の建築物に用いられる「木摺り漆喰吊り天井」について、非構造部材の耐震という立場から丁寧に力学的挙動を解き明かしただけでなく、その後の持続可能な利活用に向けて、総合的な健全度評価手法を提案しようとしている、野心的な内容である。力学的挙動については、湿式天井という対象に対し、理論化しにくい部分を整理して、関連する多数の材料実験と構造実験を積み重ね、耐震性あるいは安全性をある程度明らかにしたという点は、非構造部材の耐震の専門家として高く評価できる。また、こうした耐震という評価の側面だけでなく、その後の活用を意識して、健全度という評価に広げて検討した点は、論文の目標として適切なものだと考えている。論文の中の部分を取り出すと、すこし検証が物足りないところはあるかもしれないが、むしろ総合的に様々な観点から評価した点が優れていると考えている。

したがって、学位論文としてその内容を高く評価し、「合格」としてみとめる。

2023年10月24日

東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻・教授

清家

