

早稲田大学大学院理工学研究科

# 博 士 論 文 概 要

## 論 文 題 目

歴史的町並みと伝統木造の再興のための京町家外周部材の  
延焼防止性能の評価・改良に関する研究

Analysis and Design of the Integrity of the Building Envelope Components  
of Kyoto-style Traditional Townhouses against External Fires toward the  
Restoration of Historic Urbanscape and Traditional Timber-based  
Building Technology

申 請 者

安井 昇  
Noboru YASUI

建設工学専攻・建築防災設備研究

2003 年 12 月

京都等の歴史的市街地では、町並みや伝統木造建築の保存・再生や伝統木造技術の継承が重要な課題となっているが、京町家の外周部を構成する木造土壁や木造化粧軒裏の法令上の位置付けは低く、既存の京町家仕様では、ほとんどの部位で法令抵触している。そのため、建築確認を必要とする建物の新築や大規模改修は不可能となっており、多くの老朽化した町家を取り壊され、RC造・S造のビルや他の木造建築に建て替えられている。これまで、木造土壁や木造化粧軒裏の防火性能に関する系統的な研究は行われておらず、データ実証主義で成り立っている建築基準法の防災法令に位置付けるデータもほとんど未整備である。すなわち、伝統木造の法令上の位置付けが低いのは、伝統木造では、防災性能が劣っており、改良の余地がないことが実証されたからではなく、伝統木造に法令上の高い位置付けを与える根拠となるデータが不足しているからと考えられる。従って、伝統仕様の範囲またはその延長上で、防火構造・準耐火構造の木造土壁や木造化粧軒裏を開発できれば、この問題解決の突破口になる可能性がある。

本研究は、京町家外周部を構成する木造土壁と木造化粧軒裏について、木や土などの自然素材で構成されている京町家の延長上の仕様で防火的な改良を行い、実大規模の試験体を用いた加熱実験等から、その防火性能を支配する要因を系統的に明らかにした上で、法令上、要求される防火性能を有し、準防火地域に建設可能な京町家仕様木造の各部仕様を明らかにしようとするものである。

本論文の構成は、大きく序論、本論、結論からなる。

序論は、「歴史的町並みの現状と京町家外周部材の防災法令上の位置付け」として、第1章、第2章からなる。

第1章では、本研究の背景と目的を明確にし、既往の研究と本論文における研究対象を述べた。さらに、密集市街地に建つ京町家の外周部に法令上、要求される防火性能を整理し、一般的な京町家の仕様と比較することにより、京町家各部位の防災法令抵触内容を明確にした。

第2章では、これまで、防火に関する研究開発がほとんど行われていなかった木造土壁について、達成可能な防火性能の見通しをつけるために、京町家の一箱仕様と比較すると土塗り厚が約2倍の120mm厚であったり、一般的な土壁50mm厚の外側にモルタル被覆をした土壁について、実大規模の試験体を用いた載荷加熱実験を行い、木造土壁でも防火補強をすることにより、実験当時、木造で達成可能な最高水準の“準耐火構造（60分）”を遙かに超える90分以上の防火性能を実現可能なことを明らかにした。また、土壁表面にモルタル被覆する、比較的、簡易な防火補強でも、準耐火構造（45分）を実現可能なことを明らかにした。さらに、地震後の木造土壁の防火性能を確認するために、大地震に相当する水平加力を加えた後にも載荷加熱実験を行い、土壁仕様によっては、若干、防火性能が低下するものの準耐火構造（45分）を実現可能であることを明らかにした。これらの結果は、京町家の外壁に法令上、要求される防火構造（30分）程度で

あれば、木造土壁に多様な可能性があることを示唆している。

続いて、本論は、「京町家外周部材の延焼防止性能」として、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章からなる。

第 3 章では、建物の部位毎に機能や意匠により、多様な土壁が使い分けられている京町家の一般的な土壁仕様について、外壁に要求される防火性能のうち、遮熱性・遮炎性を支配する要因を明らかにするために、土壁の各部仕様を系統的に変化させた一辺約 1 m 角の小規模な試験体による加熱実験を行った。遮熱性が裏返し塗りの有無や土壁厚み、杉板張り等の土壁表面仕上げの有無など、土壁部分の仕様に支配され、遮炎性が土壁部分の亀裂や脱落ではなく、土壁と柱の取り合い部の接着性に支配されることを明らかにした。この接着性の向上には、木造土壁で伝統的に使われてきた“柱のちりじゃくり”や“のれん打ち”等が有効である。遮熱性と遮炎性に関して、現行法令を上回る、裏返し塗りのない土壁で“防火構造”、裏返し塗りをした土壁で“準耐火構造”に相当する防火性能を実現できることを明らかにした。また、加熱側の柱の露出面積が大きい場合、木造土壁の非損傷性に関係する柱の炭化面積が増加し、構造耐力に与える影響が大きい。この柱の炭化を抑制・遅延するためには、柱を木材で防火被覆したり、土壁と柱のちり寸法（柱側面の露出寸法）を小さくすること等が有効である。

第 4 章では、これまで、小型模型による現象の再現が困難で、一般に実大規模の載荷加熱実験により調べる必要があると考えられてきた木造土壁の非損傷性を広く普及した装置を使った簡易な方法で把握する手法を提示した。載荷される柱が座屈変形して崩壊する際の最大荷重は、座屈長さの二乗に反比例し、ヤング係数  $E$  と断面 2 次モーメント  $I$  に比例する。これらの変数のうち、座屈長さは柱長さによるので、試験体を実際の仕様と同じ長さで作れば一定と考ええると、最大荷重はヤング係数と断面 2 次モーメントに支配されることができると考えることができる。すなわち、真壁造の柱が加熱を受けた場合、柱の断面性能は、①燃焼による炭化面積（断面 2 次モーメントの低下）、②内部温度上昇（ヤング係数の低下）、③通し貫の貫穴による断面欠損（断面 2 次モーメントの低下）に支配されることが考えられ、第 3 章の加熱実験の結果から炭化面積を決定し、内部温度の上昇とそれとともなうヤング係数の低下を考慮して断面設計した柱の圧縮実験における最大荷重（座屈荷重）と加熱実験時の荷重を比較することにより、木造土壁の非損傷性を予測した。さらに、この手法で、木造土壁のうちもっとも脆弱と考えられる“裏返し塗りのない土壁”で防火構造を実現可能と考えられる仕様を設計した。この手法は、真壁系防火構造の開発を容易にするだけでなく、壁体の耐火加熱試験に必要な大型壁炉を利用できない地域（関東、近畿、山口県以外のほぼ全国）での伝統構法の防耐火性能研究開発を支援する有効な手法になり得ると考える。

第 5 章では、木造土壁に要求される非損傷性・遮熱性・遮炎性を総合的に検証するために、一辺約 3m 角の実大試験体を使った載荷加熱実験を行い、京町家の

木造土壁のうち、防火上もっとも脆弱な裏返し塗りのない土壁について、柱に杉板を防火被覆したり、柱に対する土壁の位置を加熱側へ移動することにより、木造土壁の非損傷性に影響を与える柱の燃焼を抑制・遅延し、防火構造を実現する仕様を明らかにした。この際、遮熱性及び遮炎性の確保のために、土塗り厚を40mm以上とし、加熱による土壁の変形を抑制するために柱を半間間隔で配置して土壁の面積を小さくし、柱と土壁の接着性を向上させて隙間の発生を防止するために柱にのれん打ち等をした。また、木造土壁の表面に杉板を大壁となるように張るとその杉板は燃焼するが、燃え抜けるまでは柱や土壁の加熱を抑制するため、延焼防止性能は、張らない場合よりも向上することを明らかにした。さらに、第4章で提示した所定の加熱を受けた柱の断面設計法で、30分間の加熱に耐えるよう設計した仕様が、36分、43.5分の加熱に耐えたため、この設計法は、木造土壁の非損傷性予測において、やや安全側の設計を誘導するものであるが、よい精度で予測が可能であり、その妥当性を確認することができた。

第6章では、防火性能に関する研究開発がほとんど行われてこなかった垂木・野地板・面戸板等を木造現しにした木造化粧軒裏について、遮熱性・遮炎性上、重要な面戸板及び野地板の厚みを確保するなど、防火的な補強をした実大試験体による加熱実験を行い、外観の意匠に影響を与える垂木寸法と間隔は既存町家とほぼ同様の仕様で、法令上の準耐火構造（60分）を実現可能な仕様を明らかにした。遮熱性は、面戸板部分の仕様に支配され、木材と漆喰を組み合わせたり、木材の厚みを確保することにより、性能の確保が可能である。さらに、遮炎性は、垂木・野地板・面戸板等の部材同士の施工方法に支配され、垂木に面戸欠きを設けたり、面戸板裏面に漆喰を充填し部材間に隙間が発生しない工夫が必要である。また、既存町家のように野地板が薄い場合には、加熱側の野地板上部に燃え抜けて、野地板と屋根葺き材の隙間に侵入した火炎が、室内側の野地板上部より室内へ火炎貫通する危険性があることを明らかにし、それを防止するために面戸板直上の野地板と屋根葺き材の隙間に漆喰等でファイヤーストップ材を設ける仕様を提示した。この野地板上部からの延焼は、野地板厚を30mmとすることにより防止することも可能である。ここで提示した仕様は、京町家や伝統木造建築に限らず、木造住宅一般に適用可能であり、3階建てを建設可能な準耐火構造まで実現可能な見通しがたったことは、全国の木造建築に与える影響は大きいと考える。

結論は、「延焼防止性能を有する京町家外周部材の仕様」として、第7章からなる。第7章では、本研究から得られた知見を京町家の新築・大規模改修・改修等、施工の場面に応じた観点から整理し、準防火地域に建設可能な京町家仕様木造の外壁・軒裏の仕様を提示した。さらに、本研究の総括を述べるとともに、今後の課題と展望として、3階建てや大規模建築を実現する京町家仕様木造による準耐火構造の実現に向けた方法論を整理した。