

京町家様式の化粧軒裏の各部仕様が火災時の遮熱・遮炎性能に及ぼす影響

INTEGRITY OF BARE TIMBER EAVES/WALL INTERFACE OF KYOTO-STYLE TRADITIONAL TOWNHOUSE AGAINST EXTERNAL FIRES

安井 昇*, 長谷見 雄二**, 清水 真理子***, 木村 忠紀****, 田村 佳英*****
Noboru YASUI, Yuji HASEMI, Mariko SHIMIZU,
Tadanori KIMURA and Yoshihide TAMURA

Integrity of bare timber eaves characterizing Kyoto-style traditional townhouses against external fires is examined by experiments using different design details for “Mendo” board, the joint between the beam and the roof. The experiments show significant improvement of the integrity by the use of plaster or soil on either side of the “Mendo” board, or by increasing the thickness of the “Mendo” board. Although the bare timber eaves has been long considered the main drawback of the Kyoto-style townhouses with regard to fire safety, the study has revealed that code-acceptable integrity can be achieved without introducing any industrial fire retardant agents.

Keywords : traditional town house, eaves, bare timber, thermal insulation, integrity
伝統町家、軒裏、木材現し、遮熱性、遮炎性

1. はじめに

京町家の屋根形状は、建物の奥行方向に屋根が架かる切妻で、玄関は平入りとなるため、道路面に必ず軒裏が存在する。京町家のファサードの軒裏周辺は、図1のように木材の桁梁・垂木・野地板・面戸板で構成され、その全てが露出する“化粧軒裏”となつて、外観意匠上、重要な役割を担っている。このため、町家正面の外壁の防火性能を土塗壁の塗り厚の確保等で向上させたとしても¹⁾、この化粧軒裏が延焼防止上、大きな弱点になると考えられてきた。

さて、京町家様式の化粧軒裏を詳しくみると、桁梁の上に、垂木を載せることによって生じる桁梁と野地板の隙間を面戸板で塞ぐ構造となっており、それぞれの部材寸法は、垂木が40～45mm角、面戸板が9～15mm厚程度、野地板が9～12mm厚程度と比較的小さく、また、薄い部材が使用されている。このため、化粧軒裏は、一旦着火すると軒裏面で燃え広がる可能性があり、防火性能について、以下の弱点があると予想できる。

- (1) 出火建物開口部からの噴出火災が軒裏を桁行方向に流れて隣接建物に延焼させる。
- (2) 外部火災時に面戸板や野地板上部を通じて、外部から建物内部に延焼させる。

これらの弱点の対策として、過去、京町家の軒下にドレンチャーを

設置して建物への着火を防止する方法が実験的に検討されている²⁾。しかし、京都等の歴史的市街地全体にドレンチャーを整備していくのは困難なうえに、動力を必要とする防災設備では、放水が必要な箇所のみを機能的に作動させるための操作、地震等で水道・電力が停止した場合の対策等に容易には解決し難い課題を残すと考えられる。

ここで、軒裏の燃焼が隣接建物に及ぼす延焼危険の内容を具体的に考察すると、軒裏そのものが燃えても火炎面はさほど大きな

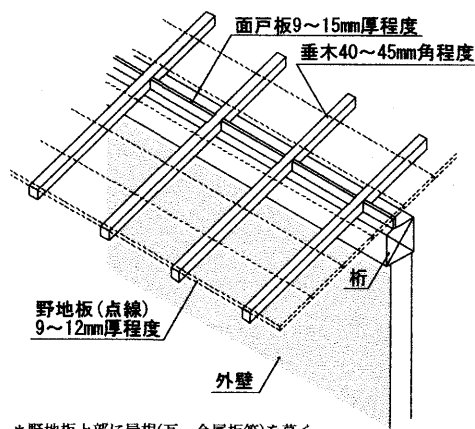


図1 京町家様式の一般的な化粧軒裏の構成

* 早稲田大学理工学総合研究センター
客員研究員・博士(工学)
** 早稲田大学理工学部 教授・工博
*** 住友林業(株) 研究員
(実験当時 早稲田大学理工学研究科 大学院生)
**** 京都府建築工業協同組合 副理事長
***** 関西木造住文化研究会 代表幹事

Visiting Researcher, RISE Waseda University, Ph. D.

Prof., School of Science and Engineering, Waseda University, Dr. Eng.
Researcher, Sumitomo Forestry Co.
(Formerly Graduate Student, Waseda University)
Vice Chairman, Kyoto Cooperative Union of Carpenters
Secretariat, Kansai Association for Research in Traditional Housings

く、また燃焼時間もさほど長くないから、例えば、ファサードの軒裏が燃えても実質的に延焼の脅威を及ぼす可能性があるのは、道路対向側ではなく、当該建物両側の建物の軒裏に対してである。屋根卯建や袖卯建等は、軒裏を介して隣接建物に延焼するのを防止する対策としてよく知られているが、建物の外周部材が屋内への延焼を防止する性能を有していれば、化粧軒裏が燃え広がっても、屋内への延焼は防止でき、市街地火災等の大規模火災に至る可能性は小さいはずである。建築基準法では、この考えのもとに、延焼のおそれのある部分の軒裏について、上記(2)の外部から建物内部への延焼防止性能のみを要求している。即ち、軒裏が燃えることに防火安全上、全く問題がないわけではないが、市街地火災の発生の可能性に対しては、軒裏から屋内に延焼することによって建物本体が炎上することが問題の核心なのであり、軒裏そのものを木造とすることが、法令上、特に問題にされているわけではないと解される。また、近年の歴史的市街地での京町家の減少は、京町家の外周部の各部位が法令適合しておらず^{30,31)}、新築や大規模改修ができないことも、その一因である。その状況を鑑み、本研究では、京町家様式の化粧軒裏について、実大試験体を使った加熱実験により、軒裏を構成する部材の各部仕様、外部から建物内部への延焼防止性能に及ぼす影響を系統的に検討し、法令適合可能な化粧軒裏の仕様を明らかにすることを目標とした。

2. 化粧軒裏の遮熱・遮炎設計の基本的考え方と試験体の基本設計

2.1 化粧軒裏の遮熱・遮炎設計

化粧軒裏は建物の構造耐力を支持する部材ではないため、建築基準法概念に基づく建物外部から内部への延焼防止性能は遮熱性と遮炎性である。特に建物内部への延焼が危惧されるのは、図2のように、面戸板周辺や野地板上側である。部材の木材厚が薄いと火炎貫通しやすかったり、部材同士の接合部が防火上の弱点になることが多い³²⁾ため、この化粧軒裏を防火的にするためには、以下の点に配慮する必要がある。

- (1) 面戸板が薄いとその部分から容易に建物内部に延焼するため、十分な厚さを確保する。
- (2) 野地板が薄いと、軒裏の野地板が燃え抜け、野地板・屋根葺き材間の隙間を燃え拡がって小屋裏(室内)へ延焼するため、十分な野地板厚さを確保するか、野地板と屋根葺き材の隙間で燃え拡がらない措置を講じる。
- (3) 面戸板・垂木等の部材の接合部に生じる隙間から火炎貫通するため、隙間が生じにくい納まりにしたり、土・漆喰等を隙間を塞ぐように充填する。

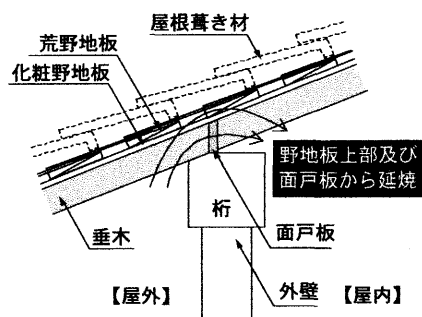


図2 化粧軒裏の延焼経路概念図

燃え代設計に使用される木材の炭化速度の慣用値は $0.6\text{mm}/\text{分}$ ³³⁾であり、材寸が小さいと炭化が加速されるとしても、防火構造に必要な30分間の加熱では、概ね30mmの炭化を想定すればよい。従って、木材外部側の表面から30mm程度は炭化するものとして、それに、荷重支持や遮熱性維持のための断面増加を行えば、化粧軒裏から建物内部への延焼を防止できよう。また、京町家様式の丁寧な仕事では、面戸板外側への漆喰の塗り込みや垂木の面戸欠きが昔から行われている。これらは、面戸板の遮熱性の向上効果だけでなく、面戸板・垂木等の部材の接合部に生じる隙間からの火炎貫通を防止する効果も期待できる。この隙間からの火炎貫通を予防するという意味では、漆喰を面戸板の屋外側に塗る伝統的仕上げに加えて、室内側に塗ることも有効と考えられる。

ところで、防火補強の手段としては、不燃性能の高いボード類・難燃薬剤を含浸した木材の使用や、木材への防火塗料の塗布等も考えられるが、京町家等の伝統的な木造建築は、大工棟梁や比較的小規模な工務店によるオープン工法として施工されているため、できるだけ、生産方法や市場が開放されている木材や土・漆喰等の一般的な材料のみを使用することを前提とした。

2.2 試験体の基本設計・製作

試験体仕様一覧を表1に、試験体の構成を図3に、また各試験体の詳細仕様を図4に示す。試験体は、性能評価機関の「防耐火性能評価・業務評価方法書」³⁴⁾をもとに、軒裏部分の延焼防止性能が確認できる構成とし、様々な仕様を同時に検討できるように一試験体に複数の仕様を盛り込んだ。屋根葺き材は、珪酸カルシウム板で代用し、試験装置の安全管理上、屋外部分の垂木と野地板が燃焼により耐力を失っても、屋根葺き材は落下しないように設計した。また、本実験で再現しようとする加熱が、珪酸カルシウム板の有無にかかわらず一定になるように、実験中の加熱温度を面戸板近傍(約10cm離れた位置)の温度で制御することとした。

実験は、防火的な軒裏を開発する過程によって、大きく2つの段階に分けられる。まず、第一段階は、延焼防止性能を有する化粧軒裏を実現する見直しをつけるために、1体ずつ、試験体の設計と実験を繰り返し、実験の結果を踏まえて仕様に改良を加えた(表1の試験体A~C)。これら試験体で、建築基準法上、軒裏に要求され

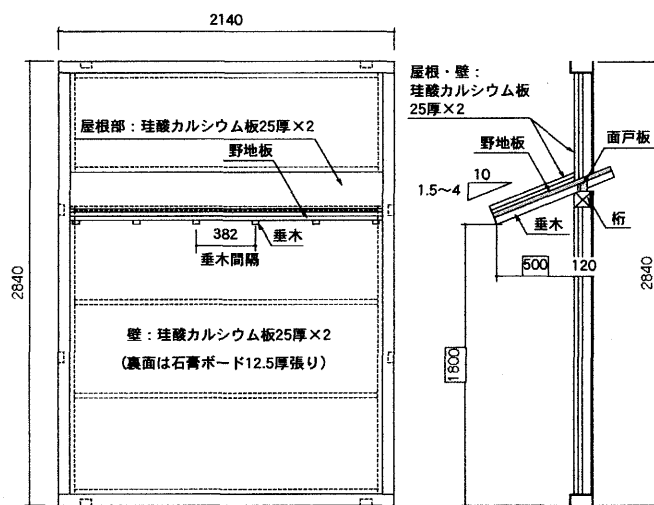


図3 試験体の構成(単位:mm)

る最高水準の1時間準耐火構造を実現できる見通しがたったため、第二段階として、軒裏の各部仕様様が延焼防止性能に与える影響を検討するために、以下の項目を系統的に変化させて試験体の設計を行った（試験体D～H）。

- ①面戸板の厚さと仕様
- ②野地板の厚さと重ね張りの有無
- ③垂木の断面寸法
- ④屋根勾配
- ⑤野地板と屋根葺き材の隙間の有無
- ⑥施工状況（新築または改修）

(1)試験体設計の共通事項

- ・面戸板に土や漆喰を塗る仕様では、経年変化で漆喰等が容易に脱落しないよう、面戸板表面を鑿で荒らし、垂木や野地板に髷子(漆喰等と木材の接着性を向上させるために用いる麻紐) 打ちをしてから漆喰や土（含水率は5%以下になるよう調整した）を塗った。これは、火災加熱時の脱落防止にも役立とう。
- ・野地板は、木材の炭化寸法を考慮して、基本的に30mm厚一枚張りとした。ただし、野地板の重ね張りの影響をみるための試験体D・Eでは、15mm厚二枚張り、野地板が薄い場合の延焼防止策を検討する試験体Iでは、12mm厚一枚張りとした。

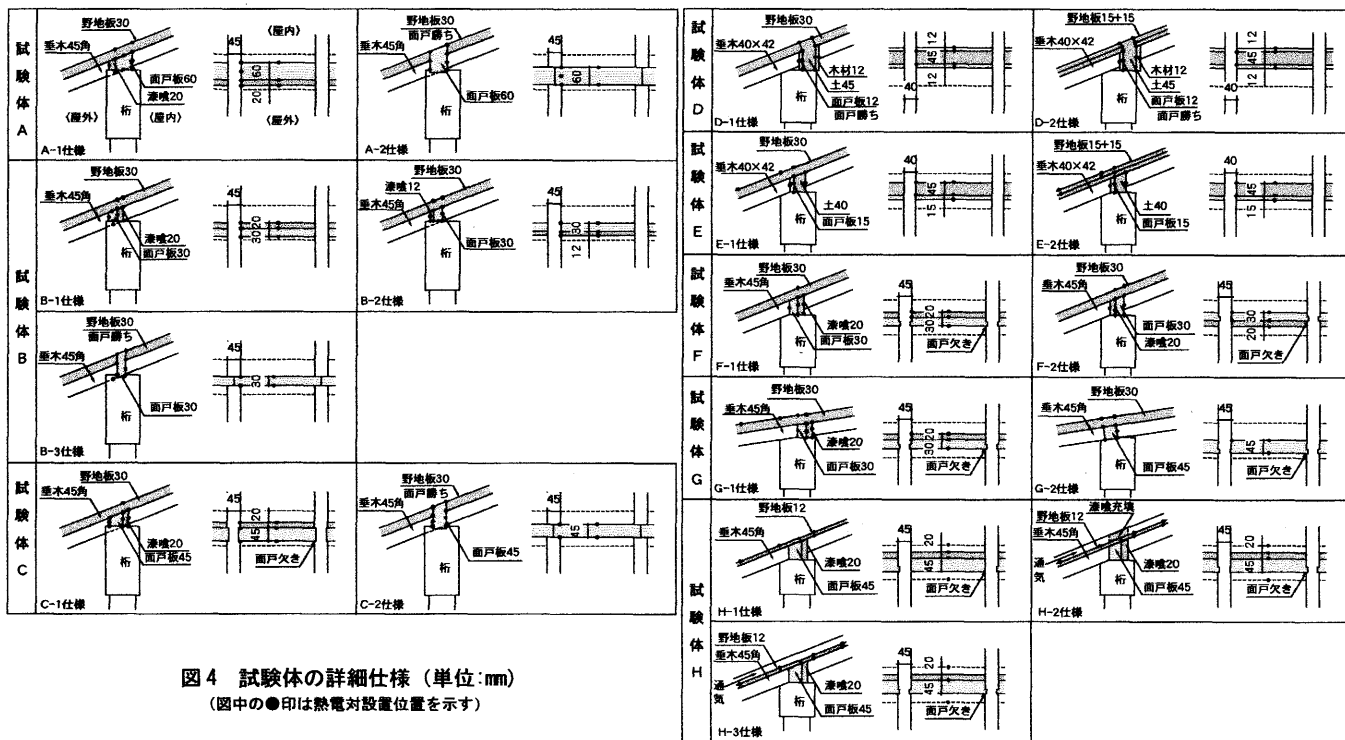


図4 試験体の詳細仕様（単位:mm）
（図中の●印は熱電対設置位置を示す）

表1 試験体仕様及び結果一覧

| 試験体No. | 野地板 | | 面戸板 | | | 垂木 | | 桁 | | 屋根 | 軒の出 | 加熱時間 | 耐火性能評価時間(分) | | | 防耐火時間 | | | | | |
|--------|-----|-------|-------|--------------|--------|---------|---------|-------|------|------|---------|-------|-------------|-----------|-------------|-------|--------|-------------|-------------|--------|----|
| | 厚さ | 納まり** | 上部通気層 | 木部厚さ | 加熱側被覆材 | 非加熱側充填材 | 寸法 | 間隔 | 面戸欠き | | | | 寸法 | 垂木の納まり*** | 面戸板の納まり**** | | 防炎性(分) | 防熱性(面戸裏面温度) | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 裏面温度180℃超時間 | 裏面温度200℃超時間 | | |
| A | A-1 | 30 | 野地板勝ち | なし | 60 | 土+漆喰20 | なし | 45×45 | 382 | なし | 120×240 | 垂木欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | -(101℃) | 60 | |
| | A-2 | 30 | 面戸勝ち | なし | 60 | なし | なし | 45×45 | 382 | なし | 120×240 | 垂木欠き | 9×60しゃくり | 4/10 | 500 | 60 | 42 | 44 | 47 | 42 | |
| B | B-1 | 30 | 野地板勝ち | なし | 30 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | なし | 120×240 | 垂木欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 45 | 41 | 12 | 14 | 12 | |
| | B-2 | 30 | 野地板勝ち | なし | 30 | なし | 漆喰12 | 45×45 | 382 | なし | 120×240 | 垂木欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 45 | 31 | 27 | 27 | 27 | |
| | B-3 | 30 | 面戸勝ち | なし | 30 | なし | なし | 45×45 | 382 | なし | 120×240 | 垂木欠き | 9×30しゃくり | 4/10 | 500 | 45 | 25 | - | - | -(97℃) | 25 |
| C | C-1 | 30 | 野地板勝ち | なし | 45 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×45 | 120×240 | 垂木欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(93℃) | 60 |
| | C-2 | 30 | 面戸勝ち | なし | 45 | なし | なし | 45×45 | 382 | なし | 120×240 | 垂木欠き | 9×45しゃくり | 4/10 | 500 | 60 | 41 | 17 | 18 | 17 | |
| D | D-1 | 30 | 面戸勝ち | なし | 12 | なし | ±45+木12 | 40×42 | 382 | なし | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(57℃) | 60 |
| | D-2 | 15+15 | 面戸勝ち | なし | 12 | なし | ±45+木12 | 40×42 | 382 | なし | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(54℃) | 60 |
| E | E-1 | 30 | 野地板勝ち | なし | 15 | なし | ±40 | 40×42 | 382 | なし | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(72℃) | 60 |
| | E-2 | 15+15 | 野地板勝ち | なし | 15 | なし | ±40 | 40×42 | 382 | なし | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(65℃) | 60 |
| F | F-1 | 30 | 野地板勝ち | なし | 30 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(74℃) | 60 |
| | F-2 | 30 | 野地板勝ち | なし | 30 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(62℃) | 60 |
| G | G-1 | 30 | 野地板勝ち | なし | 30 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 1.5/10 | 500 | 60 | - | - | - | -(75℃) | 60 |
| | G-2 | 30 | 野地板勝ち | なし | 45 | なし | なし | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×180 | トカド欠き | 突きつけ | 1.5/10 | 500 | 60 | 54 | - | - | -(92℃) | 54 |
| H | H-1 | 12 | 野地板勝ち | 25 | 45 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×120 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 45 | 20 | - | - | -(89℃) | 20 |
| | H-2 | 12 | 野地板勝ち | 25 (漆喰充填) | 45 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×120 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 45 | - | - | - | -(48℃) | 45 |
| | H-3 | 12 | 野地板勝ち | なし | 45 | なし | 漆喰20 | 45×45 | 382 | 5×15 | 120×120 | トカド欠き | 突きつけ | 4/10 | 500 | 45 | - | - | - | -(56℃) | 45 |

*括弧内は、加熱終了時の最高温度を示す。 **野地板納まりの野地板勝ち、垂木・面戸板の上に野地板を張る一般的な納まり、一方、面戸勝ち、面戸が野地板上部まで立ち上がり野地板が分断される納まり。
***桁と垂木の納まりの垂木欠きは垂木と桁が接する部分のみ桁を勾配なりに切り欠き納まり、一方、トカド欠きは、桁の長手方向全体に渡って垂木の勾配なりに、桁を切り欠き納まり。
****桁と面戸板の納まりの突きつけは桁に面戸板を載せる納まり、一方、しゃくりは、桁の上部に小穴をつき（溝を掘る）面戸板を差し込む納まり。

- ・垂木の寸法は、京町家の実状にあわせて、試験体D・Eが40×42mm、その他は45×45mmとし、間隔は京町家の一般的な柱芯々寸法（6尺3寸）の5等分の382mmとした。
- ・屋根勾配は京町家の実状にあわせて、瓦葺きの一般的な勾配である4寸(4/10)とした。ただし、屋根勾配の影響をみる試験体Gでは、金属板葺きで使われる1.5寸(1.5/10)勾配とした。
- ・試験体材料は、京町家の一般的な仕様を考慮して、垂木、野地板、面戸板をスギ材とした。桁梁は、アカマツ等が使用されることが多いが、材料調達上の事情でベイマツとした。すべての木材は含水率が15%以下になるよう調整し使用した。

(2)各試験体の詳細仕様

【第一段階】

延焼防止性能を有する化粧軒裏を実現する見通しをつけるために、1体ずつ、試験体の設計と実験を繰り返した。

①試験体A

最初の試験体のため、部材断面寸法は、木材の炭化速度から考えると若干大きめの面戸板60mm厚、野地板30mm厚とした。面戸部分の遮熱性を向上させるために漆喰を屋外側に塗った仕様(A-1)と、遮炎性を向上させるために面戸板と野地板の納まりを一般的な施工方法とは逆の面戸勝ちとする仕様(A-2)とした。

②試験体B

試験体Aより、漆喰仕上げの効果は大きく、60分を越える耐火加熱に耐えることがわかった。しかし、町家正面を漆喰で仕上げするには専門職の技術が必要のため、面戸板を30mm厚とし、漆喰を屋外側(B-2)に塗る仕様に加えて、屋内側(B-1)に塗る仕様を追加した。

③試験体C

試験体Bは、防耐火時間が30分に達しなかったが、垂木と面戸板の接合部が突きつけでは、部材同士の隙間が生じ易いため、面戸板を45mm厚とし、垂木に面戸欠きを施した。

【第二段階】

試験体A～Cにおいて、化粧軒裏で延焼防止性能を確保できる見通しがたった。試験体D～Hでは、軒裏の各部仕様が延焼防止性能に与える影響を系統的に解明した。

④試験体D

改修時に屋根面からの施工が可能な仕様とし、既存の12mm厚の面戸板の裏面に土を45mm充填した。野地板は、30mm一枚張り(D-1)と15mm二枚張り(D-2)とし、重ね張りの影響を確認した。

⑤試験体E

改修時に屋根面及び屋内側からの施工が可能な仕様とし、15mm厚の面戸板の裏面に土を40mm塗った。野地板は、30mm一枚張り(E-1)と15mm二枚張り(E-2)とし、重ね張りの影響を確認した。

⑥試験体F

試験体Bの改良仕様とし、30mm厚の面戸板はそのままだに、弱点となった面戸板と垂木の接合部に垂木の面戸欠きを設け、面戸板の屋内側(F-1)及び屋外側(F-2)に漆喰を塗る仕様とした。

⑦試験体G

屋根勾配が延焼防止性能に与える影響を検討するため、1.5寸勾配(1.5/10)とした。面戸部分は、F-1仕様と同仕様(G-1)と、木材の面戸板45mm厚のみの仕様(G-2)とした。ともに、面戸板と垂木の接合部に垂木の面戸欠きを設けた。

⑧試験体H

面戸部分は、60分以上の耐火加熱に耐える仕様(C-1)とし、野地板の厚さの影響と、野地板と屋根葺き材の隙間の延焼防止手法を検討した。12mm厚の野地板とし、野地板上部に隙間がない仕様(H-1)、隙間がある仕様(H-3)、隙間にファイヤーストップ材として漆喰を充填した仕様(H-2)とした。

3. 実験方法

実験は、(財)日本建築総合試験所(試験体A,B,C,H)、(財)日本住宅・木材技術センター(試験体D,E,G)、(財)建材試験センター中央試験所(試験体F)の壁炉を使用して実施した。

3.1 加熱方法

加熱は、ISO834に規定する標準加熱曲線に従って行った。可燃材料で構成される化粧軒裏では、加熱開始から10分程度は試験体が着火と消炎を繰り返す。そのため、耐火炉内の温度制御は、加熱用バーナーの燃料供給を調整しながら、標準加熱曲線に可能な限り一致させるようにした。

3.2 測定項目

図4に示す位置(丸印)にφ0.68mmのKタイプ(CA)熱電対を最大58点設置し、各部の温度変化を30秒間隔で計測した。また、遮熱性能上の弱点部分を可視化するため、試験体非加熱面の温度分布を赤外線サーモグラフィ装置(TVS-600P、測定温度-20～1200℃、日本アビオニクス社製)を使用して記録した。

3.3 防耐火性能の評価

軒裏の延焼防止に関する遮熱性・遮炎性について、文献5)に従い、それぞれ以下の基準で防耐火時間を決定することとした。

①遮熱性

面戸板裏面や垂木と面戸板の接合部近傍の温度が、平均温度(初期温度+140℃)、もしくは、最高温度(初期温度+180℃)を越えた時間

②遮炎性

目視により、裏面(非加熱面)に火炎貫通が認められた時間

4. 実験結果

各試験体の実験結果一覧を表1(右側)に、加熱中の耐火炉内の温度変化、主な面戸仕様ごとの面戸板周辺の温度変化、主な試験体の加熱終了後の炭化状況をそれぞれ図5～図7に示す。

加熱中の試験体加熱面をみると、加熱開始2～3分後に軒裏全体に一気に着火し、消炎と着火を2～3回繰り返す。加熱開始10分頃から燃焼が安定した。その後、20分過ぎから、炭化した垂木や野地板が落下し始め、30～40分後には、加熱側のすべての垂木・野地板が落下した。一方、非加熱面では、加熱開始後、しばらくの間、

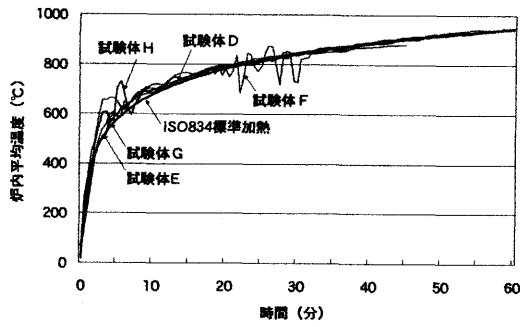
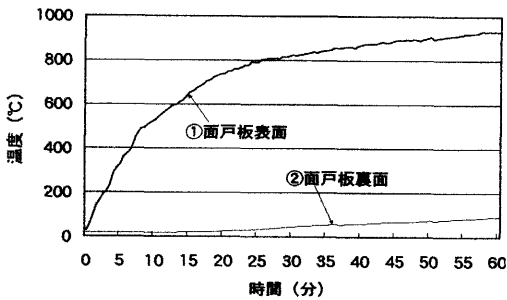
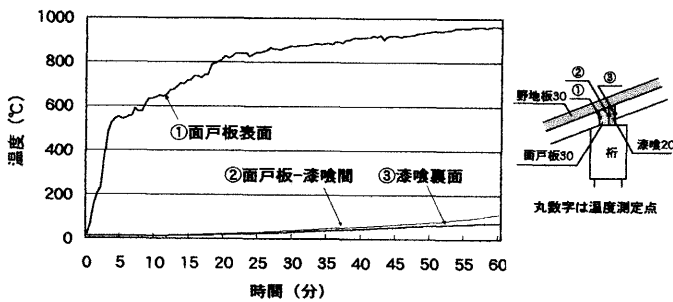


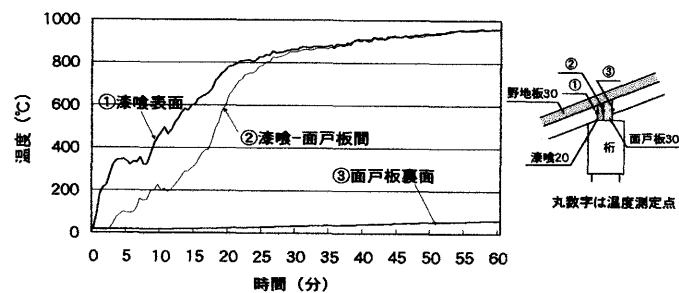
図5 耐火炉内の温度変化



(1) 木材 45mm 面戸板 (G-2 仕様)



(2) 木材 30mm 面戸板 + 裏面に漆喰 20mm 充填 (F-1 仕様)



(3) 表面に漆喰 20mm 塗 + 木材 30mm 面戸板 (F-2 仕様)

図6 面戸仕様毎の面戸付近の温度変化

ほとんど変化がみられないが、火炎貫通が起こる5~10分前から、垂木と面戸板の接合部周辺から湯気と思われる白煙が噴出し、その後、一旦、火炎貫通が起こると、火炎が野地板下面に沿って一気に延焼した。表1のように、試験体の設計と実験を繰り返した試験体A~Cにおいて、加熱中に火炎貫通した仕様はあるものの、試験体D~Hでは、盛期火災を想定した30~60分間の加熱に耐える仕様が明らかになった。

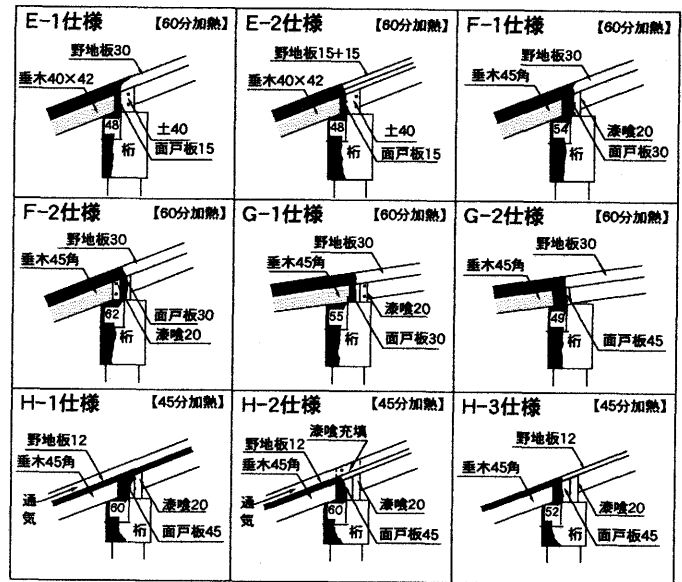


図7 加熱終了後の炭化状況 (単位:mm)

5. 化粧軒裏の各部仕様による延焼防止性能に与える影響

5.1 面戸部の仕様による影響

本実験で用いた面戸仕様は以下の3種類に大別できる。

- ① 木材のみの面戸板
- ② 木材の面戸板裏面に隙間発生予防材として漆喰等を塗ったもの
- ③ 木材の面戸板表面に防火被覆として漆喰等を塗ったもの

化粧軒裏の延焼防止を左右する要因を性能別に見ると、遮熱性は火炎貫通がなければ、面戸板裏面の温度上昇が重要であり、遮炎性は各構成部材の接合部の隙間予防が重要である。まず、遮熱性について、図8の面戸仕様毎の面戸裏面温度変化をみると、いずれの仕様も60分間の耐火加熱に対して、裏面温度は100°C以下となり、面戸部の仕様が木材単体もしくは木材と漆喰の組み合わせで、計45~55mm厚あれば、面戸部分に60分を超える遮熱性があることがわかる。一方、遮炎性の向上には、垂木と面戸板の接合部の隙間予防が特に重要であり、垂木に面戸欠きをしたり、面戸板の裏面に漆喰を塗る工夫が有効である。以上をまとめると、遮熱性・遮炎性を総合的に有する面戸部分の仕様は表2ようになる。

5.2 野地板の仕様による影響

(1) 野地板厚さの影響

図9に、野地板厚30mmと12mmの場合の野地板裏面(上面)の温度変化を示す。これによると、野地板が30mm厚の場合、野地板裏面が木材の着火温度260°Cに達するのは、加熱開始49分後である。一方、12mm厚では、約15分後であり、野地板の厚さが、野地板裏面への燃え抜け防止に大きな影響を与えることがわかる。また、野地板の炭化速度を野地板裏面が着火温度に達する時間から推測すると、30mm厚では0.61mm/分、12mm厚では0.80mm/分と、板厚が薄いほど早くなる。

(2) 野地板と屋根葺き材の隙間の有無の影響

野地板の厚さが薄いと、野地板裏面への火炎貫通は早い時間に起

表2 面戸仕様による面戸部の防耐火時間

| 面戸仕様 | 面戸板 | 遮熱対策 | | | 遮炎対策 | | 防耐火時間 (分) |
|--------|----------|---------|-------|---------|----------|---|-----------|
| | | 表面防火被覆材 | 裏面充填材 | 垂木の面戸欠き | 裏面の漆喰等充填 | | |
| 木材のみ | G-2 | スギ45厚 | — | — | ○ | — | 54 |
| 木材と漆喰等 | F-2 | スギ30厚 | 漆喰20厚 | — | ○ | — | 60 |
| の組み合わせ | F-1, G-1 | スギ30厚 | — | 漆喰20厚 | ○ | ○ | 60 |
| | E-1, E-2 | スギ15厚 | — | 土40厚 | — | ○ | 60 |

こるから、野地板と屋根葺き材間に隙間があると、その部分で上方に延焼し、さらに、面戸板よりも屋内側で野地板を火炎貫通して小屋裏へ延焼するおそれがある。図10に、野地板12mm厚で、野地板と屋根葺き材間に隙間がある場合とない場合の野地板裏面の温度変化を示す。これによると、隙間がある場合、加熱開始8分後に木材の着火温度260℃に達しており、隙間がない場合の約15分後よりもかなり早い。野地板上部に隙間があるということは、実際の施工では、

- ①瓦葺き(棧葺き)屋根の場合
- ②断熱層を野地板上部に設け、その上部に通気層をとる通気工法の場合(屋根葺き材種類にはよらない)

が考えられるが、いずれも軒先は外部に開放されている。すなわち、火災時には軒先から野地板上部の隙間に高温空気や火炎が侵入し、隙間がない場合よりも早く野地板裏面の温度が上昇すると考えられる。そのため、野地板12mm厚でその上側に隙間があると、加熱開始約20分後に小屋裏へ火炎が再貫通している(試験体H)。一方で、野地板上部に隙間がない場合は、野地板が12mm厚であっても、45分間の加熱に対して、遮熱性と遮炎性は十分に保たれた。

このように、野地板が十分に厚い場合(30mm)は、野地板上部の隙間の有無が60分間の耐火加熱に対して、大きな問題となることはないが、12mm厚と薄い場合には、上部に隙間があると、容易に隙間で延焼拡大し、小屋裏へ再貫通する。その対策としては、野地板上部の隙間の面戸板直上部分に漆喰等のファイヤーストップ材を設けることが考えられる。図11に、野地板上部の隙間のファイヤーストップ材の有無による小屋裏部の野地板裏面温度変化を示す。これによると、ファイヤーストップ材を設けることにより、野地板上部での燃焼拡大を防止でき、十分にその手法が有効であることがわかる。実施工で、野地板上部に隙間が生じるのは、「瓦葺きの場合」と「屋根通気工法の場合」であったが、このファイヤーストップ材を設ける手法は、瓦葺きには適用可能であるが、屋根通気工法では、通気層を塞いでしまう。そのため、屋根通気工法においては、野地板厚さを30mmとしたうえで、その上部に通気層を設けるなど、野地板上部を介した屋内への延焼を防止する措置が必要である。

(3)野地板の重ね張りの影響

図12に野地板厚さが30mmと15mmを二枚張りした場合の野地板裏面(上面)の温度変化を示す。これによると、野地板を15mm厚二枚張りとした場合、野地板裏面温度が、木材の着火温度とされる260℃を越えるのは、一枚目が約25分、二枚目が約42分である。一方、30mm厚一枚張りとした場合、野地板裏面温度は、約

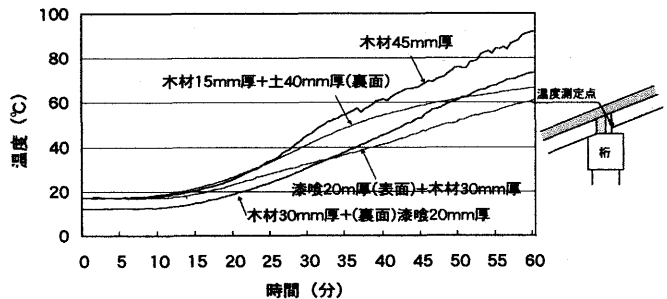


図8 面戸部裏面の温度変化

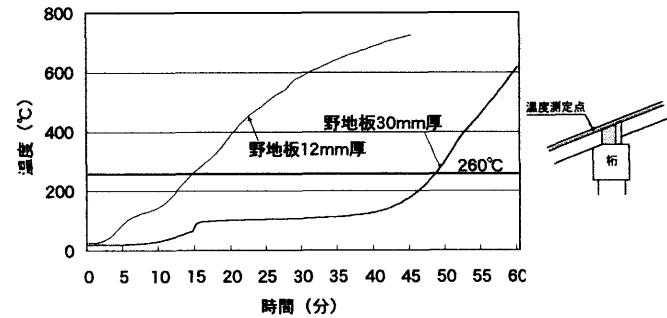


図9 野地板の厚さによる野地板上部の温度変化

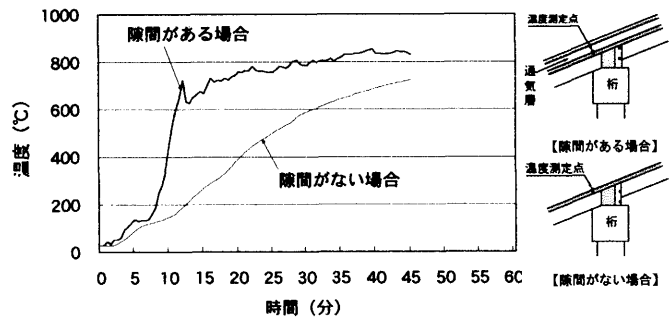


図10 野地板上部の隙間の有無による野地板上部の温度変化

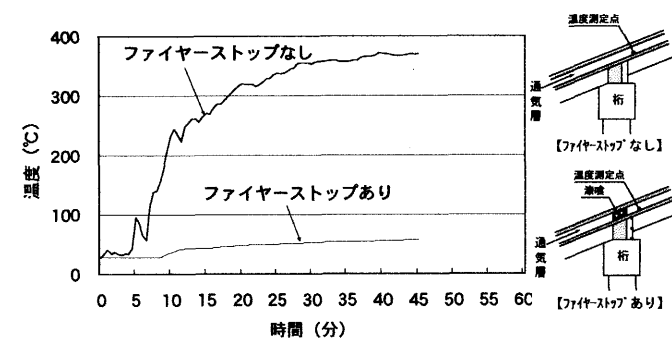


図11 野地板-屋根葺き材の隙間のファイヤーストップ材の有無による野地板上部の温度変化

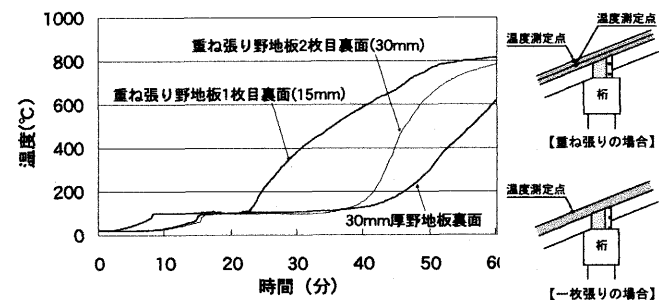


図12 野地板の重ね張りの有無による野地板上部の温度変化

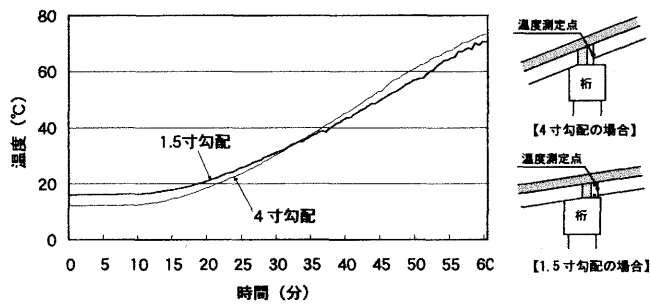


図13 屋根勾配の違いによる面戸板裏面の温度変化
(面戸仕様：木材30mm厚+裏面に漆喰20mm厚充填)

48分で260℃を越えており、若干、二枚張りのほうが、野地板裏面に燃える抜ける時間が約早い。しかし、野地板上部に火炎貫通後、屋内の小屋裏へ火炎が再貫通するには、さらに、同程度の時間を要すると考えられ、準耐火構造に相当する45～60分間の加熱を考えると、野地板の重ね張りが化粧軒裏の延焼防止性能に与える影響は少ないといえる。

5.3 垂木の仕様による影響

本実験では、京町家様式を想定して、一般に施工される垂木の断面寸法の中では、比較的小さい40×42mm、45×45mmを使用した。一般に、部材断面が小さい方が部材全体の温度上昇が早く、炭化速度が大きくなる。すなわち、垂木が今回の断面寸法以上であれば本実験と同等以上の延焼防止性能が期待できる。また、遮炎性は垂木と面戸板の接合部の隙間予防が重要であったから、本実験のように垂木の面戸欠きを設けるなど、面戸板・野地板等との接合を確実にするか、面戸板に漆喰等を塗れば、垂木間隔は延焼防止性能に大きな影響は与えないと考えられる。

5.4 屋根の勾配寸法による影響

図13に面戸部及び野地板の仕様は同じで、屋根勾配のみ異なる試験体F-1とG-1の面戸板裏面の温度変化を示す。これによると、1.5寸と4寸勾配では、面戸板裏面温度に大きな変化はみられず、さらに、表1からも60分間の加熱時間中の火炎貫通はともにみられない。これは、実験時の加熱温度を面戸板近傍の温度を基準として制御したため、面戸板表面が受ける加熱は勾配によらず一定であったためと考えられる。すなわち、京町家の実施工で使われる屋根勾配の範囲では、屋根勾配寸法が化粧軒裏の延焼防止性能に与える影響は少ないといえる。

5.5 材種による影響

本実験では、比較的炭化速度の大きい^{1),6)}スギ材を使用した。スギ材で、30～60分の遮熱性・遮炎性が得られたため、京町家で一般的に使用される材種の範囲では、材種が化粧軒裏の延焼防止性能に与える影響は少ないと考える。

6. まとめ

京町家様式の化粧軒裏について、各部仕様が延焼防止性能に与える影響を調べるために、実大試験体を使った耐火加熱実験を行い、

以下の知見を得た。

- ①垂木・野地板等が露出した化粧軒裏で、法令上、準耐火構造60分に相当する延焼防止性能を有する仕様が実現可能である。
- ②化粧軒裏の遮熱性は、野地板が十分厚ければ、面戸部分の仕様に支配される。
- ③化粧軒裏の遮炎性は、軒裏を構成する部材同士の接合部の隙間の有無に支配される。そのため、垂木の面戸欠きや漆喰を裏面から充填するなど、隙間の生じにくい納まりとすることが有効である。
- ④野地板厚さが薄い場合は、野地板上部に延焼した後、小屋裏へ延焼する。これを防止するには、野地板上部に隙間が生じない屋根葺き材とするか、隙間にファイヤーストップ材を設ければよい。
- ⑤部材同士の隙間が生じにくい工夫をすれば、垂木の断面寸法や間隔が化粧軒裏の延焼防止性能に与える影響は少ない。
- ⑥屋根勾配が化粧軒裏の延焼防止性能に与える影響は少ない。
- ⑦材種が化粧軒裏の延焼防止性能に与える影響は少ない。

*注1：平成16年国土交通省告示第788～790号により、裏返し塗りのない土壁、化粧軒裏の防火構造・準耐火構造適合仕様が示されている。しかし、これら告示は、本研究及び文献1)で得られた実験結果に基づいたものである。

謝辞

本研究は、平成13～15年度(財)旭硝子財団による研究助成「再生再利用可能な長寿命市街地建築としての木造土壁構法の技術指針整備に関する研究」、平成13年度農林水産省補助事業「木材産業技術実用化促進緊急対策事業」、平成14年度国土交通省委託による「都市における京町家等伝統的工法による建築物再生・活性化方策検討調査」、平成15年度科学研究費補助金(基盤研究B2、研究代表者：室崎益輝)の一環として行われた。実験にあたり、当時、早稲田大学長谷見研究室の秋月通孝氏、馬屋原敦氏、大西卓氏、上島基英氏、酒井憲吾氏、樋山恭助氏、尾野克典氏、関悠平氏、(財)日本建築総合試験所の吉田正友氏、山本幸一氏、(財)日本住宅・木材技術センターの山田誠氏、最上滋二氏、高田峰幸氏、(財)建材試験センターの西田一郎氏、神戸大学の北後明彦助教授、京都府建築工業協同組合、並びに(株)東亜理科他の関係各位に多大なるご助言・ご協力を賜りました。記して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1)安井昇・長谷見雄二・秋月通孝・馬屋原敦・大西卓・上島基英・畑俊充・木村忠紀・田村佳英・村上博：木造土壁の各部仕様が防耐火性能に及ぼす影響 日本建築学会環境系論文集 第567号，pp7-13，2003.5
- 2)岡村義徳・堀内三郎・十倉毅他：伝統的木造住宅における延焼防止に関する研究(1)(2)(3) 日本建築学会学術講演梗概集 pp183-188 1995年度
- 3)安井昇・長谷見雄二・田村佳英・木村忠紀：準防火地域に建設可能な京町家様式の外周部材の開発 日本建築学会技術報告集 第20号，pp135-140，2004.12
- 4)中村賢一・宮林正幸：大断面木材の耐火性(1) 木材工業 Vol.40-12，pp3-7，1985
- 5)例えば、(財)日本建築総合試験所：防耐火性能試験・評価業務方法書 平成14年3月26日版
- 6)原田寿郎：木材の燃焼性および耐火性能に関する研究、森林総合研究所報 No.378，2000

(2005年10月8日原稿受理，2005年12月2日採用決定)