

官庁施設における木造耐火建築物の 設計手法についての一考察 —木造耐火建築物設計の現状と課題—

営繕部 営繕整備課 ○齊藤 匡輝
山岡 栄一
澤田 利宏

「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」の制定を受け、営繕部では官庁施設の整備において木材利用を推進しているところであるが、今後一層の推進を図る上で、木造の耐火性に関する技術的事項の把握が必要であると考えている。本報告では、木造の耐火工法について整理し、木造モデル庁舎と他の構造体との比較検討から課題を把握することにより、設計における今後の木材利用の一層の推進に資する事を目的とする。

キーワード：木造、木材活用、耐火建築物

1. 背景・目的

平成22年10月に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律(以下“木材利用促進法”という)」が施行され、木材に対する需要の増進に資するため、国自らが率先して整備を行う公共建築物において木材の利用に努めることが責務とされた。また、同法律に基づく「公共建築物における木材の利用の促進に関する基本方針」の中で、建築基準法その他の法令に基づく基準において耐火建築物とすること等が求められていない低層の公共建築物について、原則としてすべて木造化を促進する(ただし、災害時の活動拠点室等を有する災害応急対策活動に必要な施設等を除く。)ことが定められた。

H23年度着工建築物 建築主別構造種別の割合を図-1¹⁾に示す。図より依然として、国の施設は不燃化の施設が多いことが読み取れる。

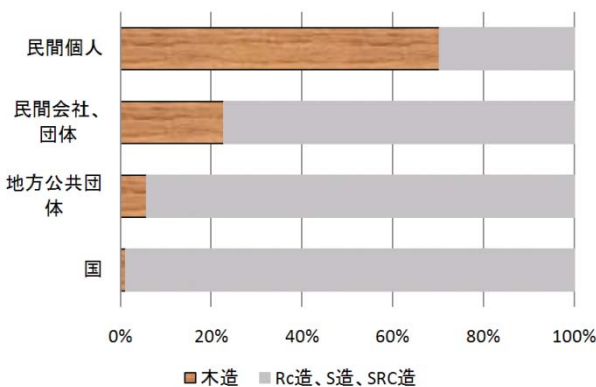


図-1 H23 着工建築物建築主別 建築構造種別の割合(床面積比)

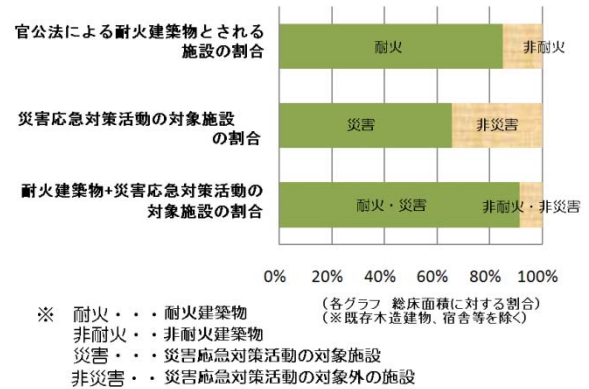


図-2 国(北海道内)の施設の耐火建築物等の割合(床面積比)

図-2に北海道開発局営繕部が現在把握している国(北海道内)の施設を「官庁施設の建設等に関する法律(以下“官公法”という)」の規定により耐火建築物と非耐火建築物に分けた主要施設^{※注1}の床面積比及び、災害応急対策活動の対象施設とそれ以外の施設に分けた主要施設の床面積比を示す。官公法では、耐火建築物としなければならない建物は、建築基準法より対象が広く規定されている上、国の施設は、地方公共団体及び民間等の施設に比べ、災害対策基本法等の規定により災害応急対策活動の対象施設が過半を占める。耐火建築物と災害応急活動の対象施設を考慮すると、現状で非耐火建築物にできる施設の床面積比は約1割しかない。すなわち、官庁施設の木造化をより一層促進する為には、耐火性の高い木造建築物(以下“木造耐火建築物”)が求められる。本報告では、官庁施設で過半を占める事務庁舎において木造耐火建築物の耐火工法について整理を行い、木造のモデル庁舎と木造以外の構造形式との比較から課題

を把握することにより、今後の設計における木材利用の一層の推進に資する事を目的とする。また、内装材への木材の使用（以下“木質化”という）についても併せて考察を行う。

2. 木造耐火建築物の工法整理

建築基準法で定める耐火建築物は、主要構造部が満足すべき技術的要件として、①耐火構造とする、②耐火性能検証法による、③大臣認定を受けた高度な検証法による、の3つの設計ルートがあるが、今回は、事務室程度の天井の高さで採用が多い①の耐火構造を対象とし大臣認定を取得した木質ハイブリッド工法、メンブレン工法、燃え止まり工法の3工法で実績がある（設計中含む）工法の比較を行った。各工法の概要及び、設計上の課題を表1に示す。

a) 木質ハイブリッド工法は、主要構造部材である鉄骨を木材で被覆し、木材を炭化させることによって鉄骨を熱から守る工法である。現在のところ、木質部に構造耐力を負担させることができない。また、認定部材にコラム材が無く、H型鋼使用での弱軸方向は、ブレースを設けるか、柱の間隔を短くする等、コア部を持たない中規模の事務所建築では、平面に構造計画上の配慮が必要となる。使用できる材種は、現在のところ、カラマツ、ベイマツに限られており、国産材の多くを占めるスギについては、まだ認定を取得していない。

b) メンブレン工法は、石膏ボード等の耐火材で木部を被覆する工法である。被覆材への貫通が小開口サイズ

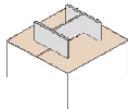
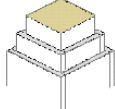
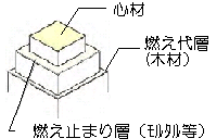
の限定になる為、2重天井や床上配管を考える必要がある。

c) 燃え止まり工法は、燃え代層と燃え止まり層で軸力を負担する木材を被覆する工法である。H24年9月現在、竣工した建築物はないが、多くの機関で研究がなされている工法である。課題として、梁貫通孔の検討が進んでいるものの、認定がなく、階の高さが高くなる傾向にある。また、筋交い等の水平抵抗部材への接合部の詳細も課題があり、RC造や、S造との平面混構造が基本構造計画となる。設計の手法について、前者の2工法は、設計マニュアル等が整備されており設計は一般の建物と同様に行えるが、認定工法である為、その仕様からの逸脱はできない。例えば、梁貫通については、梁貫通部材での認定を取得しているわけではなく、また、ブレースや階段等の取り合い部についても、それぞれが接合された状態で耐火試験を行い認定を取得しているわけではない。認定条件の中で設計者自ら判断し、設計を行う部分も多い。いずれにしても、計画段階から管轄の建築主事等確認機関との綿密な事前打ち合わせが必要とされる。

3. モデル庁舎によるコスト比較

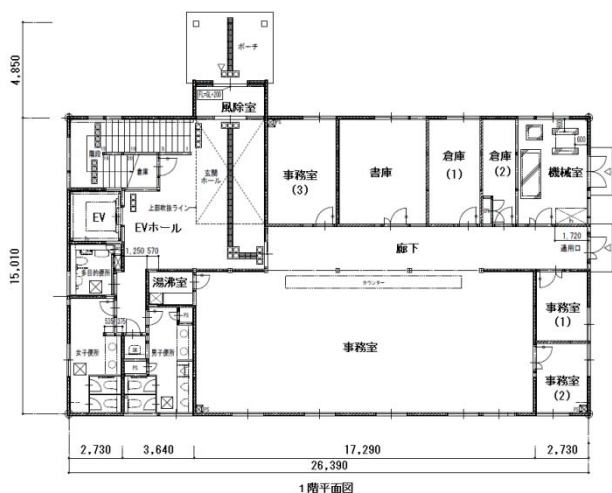
次に、木造耐火建築物のコストを把握する為、構造種別を変えたモデル庁舎の設計を行い、比較検討を行った。モデルの設定について、木造計画・設計基準²⁾に基づき作成された「ケーススタディ」（国土交通省官庁営繕部）のうち木造2階建て事務庁舎をモデル庁舎とした。概要、平面図、外観イメージを図-3、4に示す。

表1 木造耐火建築物の工法比較

| 工法名 | a) 木質ハイブリッド工法 | b) メンブレン工法 | c) 燃え止まり工法 |
|--------------|---|--|---|
| 形状 |  |  |  |
| 工法説明 | 主要構造部である鉄骨を木材で被覆し、木材を炭化させることによって鉄骨を熱から守る | 石膏ボード等の耐火材で木部を被覆する | 燃え代層で木を炭化させ、燃え止まり層で心材を熱から守る |
| 設計について | 一般的な鉄骨造の設計で対応可能。設計のプロトタイプモデル（標準ディテール集）が発行されている。現在の所、コラム材の認定が無い為、平面計画に配慮する必要がある | 一般的な木造の設計で対応可能 | 現在のところ水平力に抵抗する部材への接合部分の耐火認定がなく、RC造、S造等の混構造が原則 |
| 技術的課題等 | 現在の所、被覆された断面を構造要素として利用できない。杉材は現在の所、認定なし。施工可能会社がまだ、少ない | 木材がみえない。壁、天井小開口しか開けられない。（最大200cm ² ）断熱材の量も指定される。従来の工法の延長上であり、地方でも地元の施工会社で施工可能 | 断面が大きくなる。梁貫通孔への耐火認定は現在のところない。階高を上げる等の対応が必要 |
| 意匠性 | 木材をみせることが可能 | 被覆する為、木材が全く見えない。（コスト高となるが、水平材を見せる工夫は可能） | 木材を見せることが可能。 |
| 使用木材 | カラマツ集成材、ベイマツ集成材 | 特に材種の指定はない | カラマツ集成材等 |
| コスト面 | 加工品の為、コストは高価なものになることが推測される | 従来の延長線上の工法と言える為、コスト低減が図りやすい | 加工品の為、コストが高価となることが推測される |
| 認定部材 | 柱、梁（1時間耐火） | 柱、壁、独立柱（1時間耐火） | 柱、梁（1時間耐火） |
| 実績（H24年9月時点） | 3棟（今年度2棟設計中） | 多数 （※2010年3月時点で住宅関連は100件以上 住宅以外は7棟あり） | 0棟（今年度2物件設計中） |

モデル庁舎概要(設計条件)

- 用途・階数 事務庁舎 2階建
- 建築面積 416.8㎡
- 延べ面積 789.99㎡
- 軒高さ 7.36m
- 最高高さ 9.84m
- 地震地域係数(Z) 1.0
- 基準風速 30m/s
- 設計用積雪深さ 50cm



図—3 モデル庁舎平面図



図—4 外観イメージ図

比較する構造種別は、非耐火木造、耐火木造等(木質ハイブリッド工法、メンブレン工法)、RC造、S造とした。

今回、燃え止まり工法による木造耐火建築物は、竣工した建物がなく、統一的な設計手法が確立されていないことから比較から除いた。コストは、躯体(基礎、上部構造)及び、外部仕上げ、内部仕上げの地下材までをそれぞれの工法ごと算出するが、仮設、土工、建具、内部仕上、設備等は各工法ごとに大きなコスト差は生じない為、同一金額とし、各工法のコストに加算した。また、単価については、刊行物、見積等を参考に算出した。基礎形式については、地盤条件によって異なるが、本検討では長期支持力200KN/㎡の直接基礎を想定した。表—2に各工法ごとのモデル庁舎の主要断面・仕上げを示す。

4. 比較結果及び考察

RC造を基準(1.0)とした時の各構造種別のコスト比を表—3に示す。

表—3 構造別コスト比

| 構造種別 | 構造別コスト比 | コスト内訳比(RC造コスト比を1.0とした時) | | |
|------------|---------|-------------------------|------|------|
| | | 構造体 | その他 | 設備 |
| RC造 | 1.00 | 0.23 | 0.38 | 0.40 |
| S造 | 1.05 | 0.24 | 0.41 | 0.40 |
| 木質ハイブリッド工法 | 1.55 | 0.74 | 0.41 | 0.40 |
| メンブレン工法 | 1.21 | 0.39 | 0.42 | 0.40 |
| 純木造 | 1.13 | 0.36 | 0.37 | 0.40 |

木質ハイブリッド工法が、RC造に比べ約5割増し、メンブレン工法が約2割増しとなった。木質ハイブリッド工法のコストが高い要因は、鉄骨のリブやジョイント部、接合部等に合わせて一部材ごとに集成材を成形、加工する製品の為である。

メンブレン工法については、特殊な材の使用や加工を

表—2 モデル庁舎 主要断面・仕上げ

| | RC造 | S造 | 木質ハイブリッド工法 | メンブレン工法 | 純木造 |
|------|-----------|--------------------------|---|--|--------------------|
| 外壁 | 複合板 | 押し成型セメント板 t=60 | 押し成型セメント板 t=60 | サイディングt=16mm ALC t=35mm | サイディングt=14mm |
| 屋根 | アスファルト防水 | ルーフトッキ、断熱材の上 アスファルト防水 | ルーフトッキ、断熱材の上 アスファルト防水 | 長尺金属板葺き | 長尺金属板葺き |
| 2F床 | t=150 | フラットデッキ t=150 | フラットデッキ t=150 | 木床+t=21強化石膏 ボード2枚張り | 木床 |
| 柱 | 600×600 | H-400×400×13×21 | H-400×400×13×21 被覆カラマツ集成材 525×525 | 120×120杉材t=21強 化石膏ボード2枚張り | 120×120杉材 |
| 梁 | 350×700 | H-600×200×11×17 | H-600×200×11×17 被覆カラマツ集成材 663×325 | 150×480カラマツ集成 材 | 150×480カラマツ集成 材 |
| 水平部材 | 耐震壁 t=150 | L-75×75×9 | L-75×75×9 | 構造用合板張耐力壁 (t=9)+t=21強化石膏 ボード2枚張り | 構造用合板張耐力壁 (t=9) |

行う必要がなく、木質ハイブリッド工法に比べ安価だが、木材が視認できず、木のぬくもり、親しみやすさといった、意匠的なメリットが十分生かせない為に、木質化も合わせて考えることも必要である。

5. 木造化と木質化

国土交通省の「公共建築物における木材の利用の促進のための計画(以下“木材利用促進計画という)」では、エントランスホールや、記者会見場等、直接又は報道機関等を通じて間接的に国民の目に触れる機会が多いと考えられる部分を中心に木質化を積極的に図ることとしている。そこで今回、モデルとして算出したRC造に①従来行っているホール、上級室の腰壁や天井の木質化、②事務室、ホール等の柱梁に不燃木材を配置した木質化、さらに、③事務室内に積極的に木材を使用した木質化を木造化と併せて比較した。また、木質ハイブリッド工法について、部材(柱、梁)ごとの認定材料である為、個別部材ごとに使用が可能であり、見え掛りの柱、ホールの梁部材のみを木質ハイブリッド工法とした比較も合わせて行った。事務室内の木質化の内観イメージを図一5に示す。



①従来 ②柱、梁の木質化 ③床、腰壁、柱梁の木質化

図一5 木質化イメージ図(事務室内)

比較項目は、RC造を基準(1.0)としたコスト比(工事総額の直接工事費)及び、木材使用率(延べ床面積当たりの木材使用量)とした。結果を表一4に示す。木材利用促進計画に添った計画では、RC造の基準建物と大きなコスト差がないことから設計に反映しやすいことがわかる。また、事務室空間まで積極的に使用した木質化は、従来のRC造とコスト比で約1割増しとなった。木材使用量は、文部科学省³⁾や北海道⁴⁾の文献によると、文化施設や学校等の内装化の木材目安量を $0.03\text{m}^3/\text{m}^2$ としており、事務室用途とは異なる為、単純に比較はできない。

表一4 各工法木材量と木質化を含めたコスト比

| 構造種別 | 木材使用量(m ³) | 木材量/床面積(m ³ /m ²) | コスト比 |
|--------------------------|------------------------|--|------|
| RC造 | - | - | 1.00 |
| S造 | - | - | 1.05 |
| 木質ハイブリッド工法 | 114.4 | 0.14 | 1.55 |
| 木質ハイブリッド工法(事務室柱、ホール梁のみ) | 49.3 | 0.06 | 1.26 |
| メンブレン工法 | 165.6 | 0.21 | 1.21 |
| 純木造 | 153.2 | 0.19 | 1.13 |
| ①RC造木質化(ホール、上級室等腰壁) | 1.13 | 0.001 | 1.01 |
| ②RC造木質化(①+事務室、ホールの柱、梁) | 3.35 | 0.004 | 1.04 |
| ③RC造木質化(②+事務室内腰壁、木質OAカマ) | 8.93 | 0.011 | 1.12 |

いが、事務庁舎でもより一層の使用が望まれる。

6. まとめ

今回の報告では、木造耐火建築物の各工法の設計上の課題を抽出し整理を行った。また、今まで分析されていなかった木造耐火建築物のコスト比を1ケースではあるが示すことができた。さらに、木質化との比較も行った。その結果、求められるグレードと予算に合わせて、計画段階において木造建築を選択する上での目安となる資料が得られた。本報告では、事務所の木造耐火建築物としては、純木造からのコスト比を考えると、メンブレン工法による木造化+従来の木質化、加えて事務室、ホール等の見え掛りの柱梁に行った木質化までが、この規模の施設では実現可能性があると考えられる。木質ハイブリッド工法は、現段階では事務所建築としては、コストが高くなっているが、意匠性が高い点を生かし、コミュニティセンターや図書館等の国民のよく目にふれる文化施設等での建設が促進され、需要の拡大が進めば、さらなるコスト低減が図れる可能性も考えられる。

ただし、今回得られたコスト比は一定条件下での一例であり、諸条件が異なれば当然異なってくる。実際に計画する際は、その条件にあった設定で適切に比較を行う必要がある。

最後に、今後、今回の対象外とした燃え止まり工法のコスト算出や内装の不燃化木材の情報収集等を行い、さらなる木材の利用促進を図っていきたい。

謝辞：ご協力くださった方々に感謝致します。

参考文献

- 1) 建築着工統計調査(2011年版)E-stat 政府統計共同利用システムより
- 2) 木造計画・設計基準及び同資料：国土交通省大臣官房官庁営繕部 H23.5
- 3) こうやって作る木の学校～木材利用の進め方のポイント、工夫事例～ 文部科学省 H22.5
- 4) 地域材を利用した公共建築物の建設促進に係る調査研究(地方独立行政法人北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所) H24.3

注釈

注1) ここでの主要施設とは、事務庁舎等をいい、同敷地にある付属棟(車庫棟、物置棟等)は除く。