

3章

Chapter 3



性能別講義録

- P077 構造③ 構造計算ルートと木材利用
- P079 構造④ 接合部・水平構面の先行破壊の防止
- P081 構造⑤ 建物形状と構造計画
- P085 構造⑥ 木造検討の事例
- P088 構造⑦ 木材を用いた構造デザイン

- P100 防耐火② 防耐火から見た木造の可能性

- P105 劣化対策・維持保全⑤ 屋外の工作物や建物の外装材を対象にした耐久性・耐候性対策
- P109 劣化対策① 雨水の浸入対策

- P110 温熱環境② 木造公共建築物の省エネルギーと外皮計画

- P112 木材利用の考え方② 地域の材料を無理なく利用するための基礎知識

- P121 木材調達・発注⑤ 材工分離発注の手法

- P127 発注業務① 設計者の育成につなげる設計者選択(プロポーザル方式)の手法

- P130 木造・内装木質化の意義① 木育

構造計算ルートと木材利用

木造建築物の構造計算に取り組む際の計算ルートの選択と木材の許容応力度に関する基礎知識について記す。



講師 山辺豊彦(山辺構造設計事務所)



講義日 2012年10月29日(月)



事業者 富山県建築設計監理協同組合

参考文献 *1 山辺豊彦:「ヤマベの木構造」、株式会社エクスナレッジ、2009年4月

*2 「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)、財団法人日本住宅・木材技術センター、2008年12月第1版、2009年6月

1. 構造計算方法の種類

規模の大きな木造建築物を設計する場合、高層ビルなどの構造計算に使用される限界耐力計算を用いると仕様規定が外せるため構造方法の自由さは増す。しかし、限界耐力計算で実際に計算するためには詳細なデータが必要である。現在は実験によるデータが少なく、計算が困難であり実務での使用は現実的ではない。これについては保有水平耐力計算も同様のことがいえる。したがって大規模木造建築物には、許容応力度計算(ルート1、法20条第3号)もしくは許容応力度等計算(ルート2、法20条第2号)が一般的に用いられている(表1 ピンク部分)。ルート2は、軒高9mあるいは建物高さが13mを超える場合に適用される計算方法で、建物の形状係数を規定値以下に抑える必要がある。

表1 構造計算方法の種類

計算方法	ルート	建築基準法施行令(以降「令」と記す)
壁量計算		令46条
許容応力度計算	ルート1	許容応力度計算:令82条各号・令82条の4
許容応力度等計算	ルート2	許容応力度計算:令82条各号・令82条の4 層間変形角:令82条の2 剛性率・偏心率等:令82条の6第2号及び第3号
保有水平耐力計算	ルート3	保有水平耐力計算:令82条の3
限界耐力計算		限界耐力計算:令82条の5

2. 構造計算フロー

木造建築物の構造計算方法についてのフローを図1に示す。特に注意したいのは赤枠で囲んでいる部分である。令46条第2項により製材JASに適合する木材を使用する場合は含水率15%以下という制限がある。ただし乾燥割れにより耐力が低下するおそれの少ない構造の接合とした場合にあっては、20%以下とすることができる。地域材を使用し地域の大工仕事の継承を考えている場合、施工性や内部割れによる耐力の低下を起こさないよう含水率20%以下の材を活用されたい。

なお、製材JASに適合する木材を使用するかどうかの判断については、「平成23年度林野庁補助事業 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援報告書」pp.111-114「第3章性能別講義録 木材品質① 木材の強度とヤング係数」に詳細を記しており参考とすること。

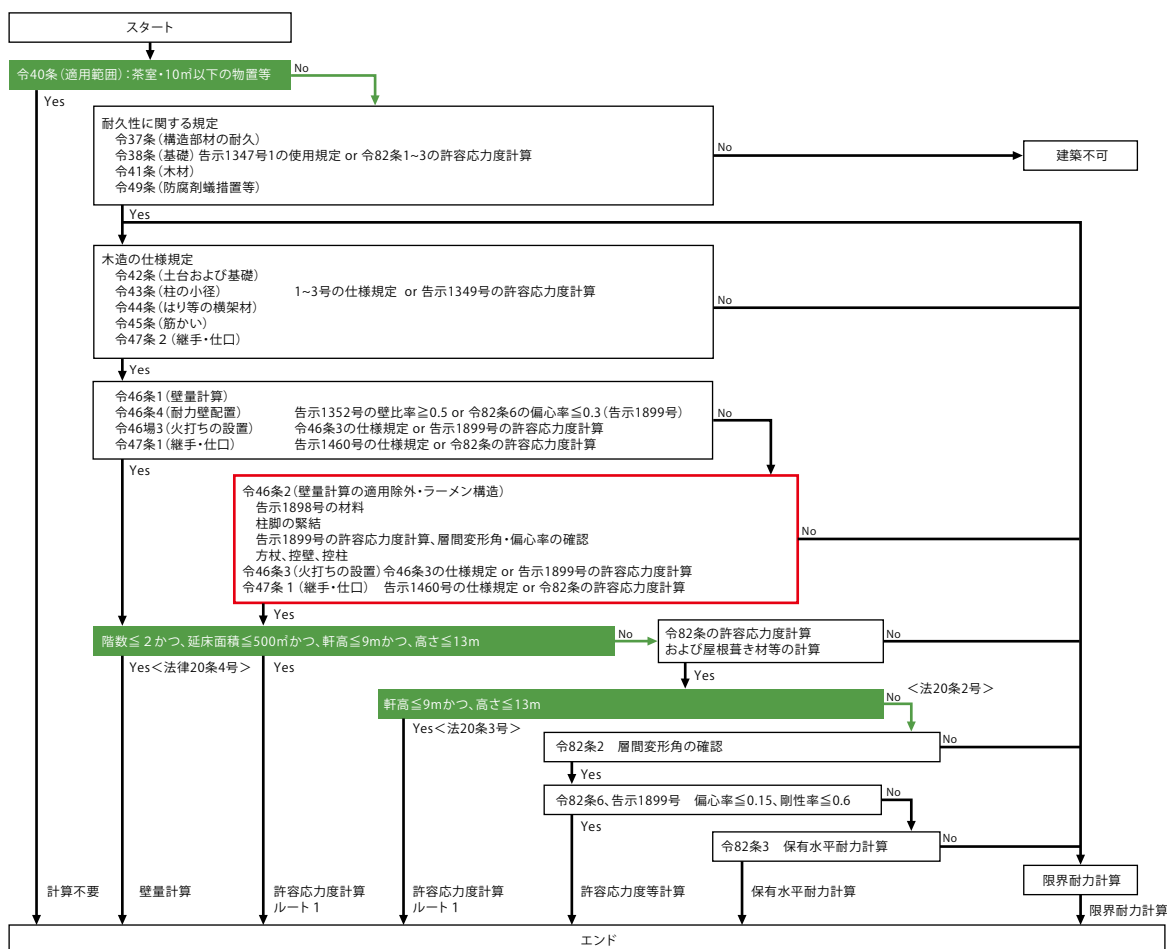


図1 構造計算フロー

3. 木材の許容応力度

建築基準法では、建物にかかる力の継続時間によって、材料の強度（許容応力度）を定めている。表2に荷重継続時間ごとの木材の許容応力度の計算式を示す。無等級材の基準強度Fは平12年建告第1452号に定められており、このデータは5%下限値で決定している。例えば100本の試験体を用いて試験した場合に下から5本目の値を用いることが5%下限値の意味である。この告示で示された強度を用いて計算する場合、安全側に処理された値を用いることになる。ヤング係数については平均値を用いている。図2はマディソン・カーブというグラフであり、荷重継続期間影響係数を決定する元となっているグラフである。

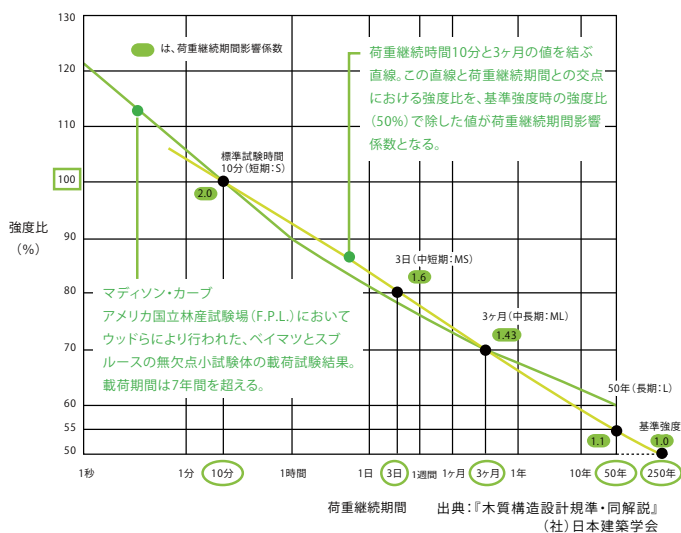


図2 強度比と荷重継続期間の関係

表2 荷重継続時間と木材の許容応力度

荷重継続時間		木材の許容応力度(令89条)	図2のカッコ内に対応
長期	50年相当	基準強度F×1.10/3: 長期許容応力度	長期: L
積雪	長期	基準強度F×1.43/3 = 長期許容応力度×1.3	中長期: ML
	短期	基準強度F×1.60/3 = 短期許容応力度×0.8	中短期: MS
短期	10分相当	基準強度F×2.00/3: 短期許容応力度	短期: S

接合部・水平構面の先行破壊の防止

木構造は地盤・基礎の上に軸組・鉛直構面・水平構面・接合部のバランスを考えて計画する。特に接合部・水平構面が先行破壊することのないように計画しなければならない。



講師 山辺豊彦(山辺構造設計事務所)



講義日 2012年11月27日(火)
2013年1月29日(火)



事業者 山形県鶴岡市

参考文献 *1 山辺豊彦:「ヤマベの木構造」、株式会社エクスナレッジ、2009年4月
*2 「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008年版)、財団法人日本住宅・木材技術センター、2008年12月第1版、2009年6月

1. 木構造の基本

木造建築物を計画する上で重要となるのは図1に示す各要素のバランスである。壁・床・軸組・接合部を連動して考える必要があり、特に壁が先行破壊するように計画し、壁より先に床や接合部が破壊してはならない。例えば、なるべく空間を大きく取るために壁倍率5の壁を使用した場合には水平荷重を床面で建物全体に伝える必要があり、床倍率も高倍率のものを使用しなければ十分に活かすことができない。そしてそれらをつなぐ接合部のN値も高くなる。

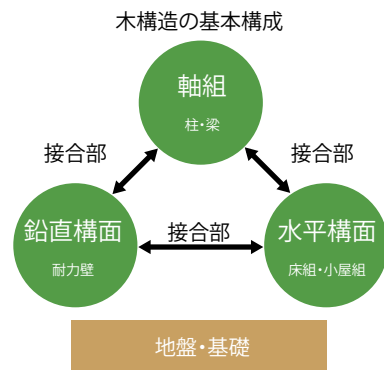


図1 木構造の基本構成 *1 p.25

2. 接合部の計画

軸組で圧縮・引張力が共にあったとしても割裂しやすい材の場合には金物などを工夫する必要がある。例えば図2は朽木中学校屋内運動場のアーチに使用した金物である。一般的には①のようにボルトを材の内部に通すが、スギの割裂しやすい特性などを考え木材をくるむように座金プレートと取り付けボルトを両側面に配置している。アンカーボルトを2階の桁材まで延ばして留めるなど、この手法は様々な応用できる。

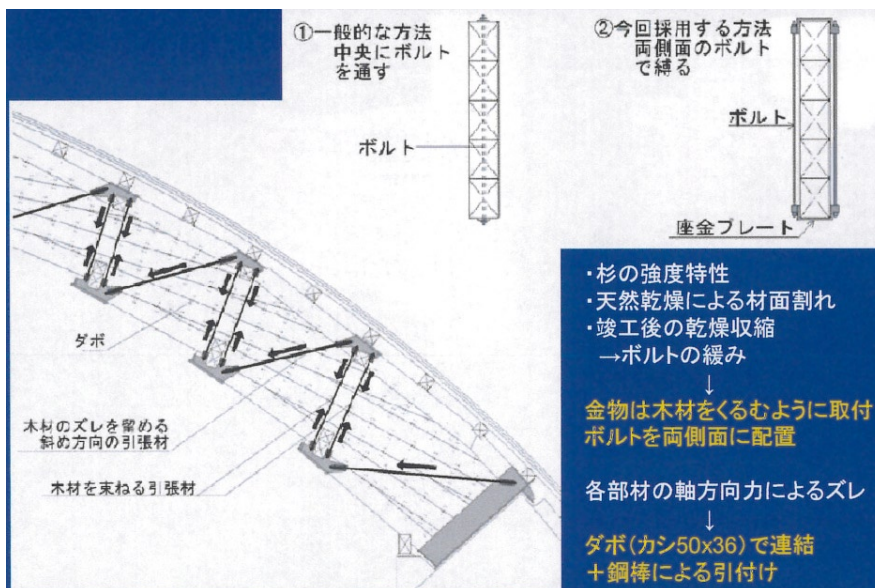


図2 朽木東小学校・朽木中学校屋内運動場の金物

3. 横架材の計画

床面の先行破壊を防止するために重要なことの一つにたわみ量を少なくすることが挙げられる。たわみによる仕口の外れがないよう接合部を渡りあごにするなど仕口の形状にも注意するとよい。

平12年建告第1459号では変形増大係数(長期間の荷重により変形が増大すること(「クリープ変形」という。))を構造計算に反映するための調整係数を木造の場合は「2」としている。これによりたわみ量を2倍にした上で変形角(たわみ量を当該部材の有効長さで除して得た値)が1/250以下であることを確認することを規定している。

横架材のたわみは図3中央の算定式によって算定する。この式をみるとたわみ量は「荷重」「スパン」「材のヤング係数」「部材の断面2次モーメント」で決まっている。図3囲みに「スパンは4乗で効いてくる」「成は3乗で効いてくる」とあるようにスパンを短くしたり梁の成を大きくすると材のヤング係数を変更するよりも比較的なたやすくたわみ量を小さくすることができる。バランスを見ながら設計するとよい。

また、含水率が高い場合はクリープ変形が大きいので、含水率に応じた対応が必要となる。大工は加工しやすい高い含水率(25%以下)の木材を用意し、経験値による判断から梁成を2サイズ程度大きい材にしているのをよく見かける。(ちなみに木材の暴れの問題をなくすため含水率が25%以上の材を用いないとする者も多い。)2サイズ程度大きい材で計算すると変形角は1/450程度となっている。設計者においても少なくともスパンと材の寸法から変形角の目標値を見つけ計画できるようにしたい。やむを得ず含水率が20%以上の未乾燥材を使用する場合は変形増大係数を3.5などとするとよい。^{*1 p.13}

なお、図4のように大梁に小梁が掛かっている場合、一つ一つの梁のたわみ量が δ_1 や δ_2 であったとしても、床の中央のたわみ量は $\delta_1 + \delta_2$ となる。このような場合あらかじめ大梁のたわみ量が少なくなるよう計画するなど架構によって調整する。梁の掛かり方によっては梁の大きさやヤング係数などを変える必要がある(図5左)。逆に小梁をバランス良く掛けることで梁材の大きさやヤング係数などのバラツキをより均一化することも可能である(図5右)。

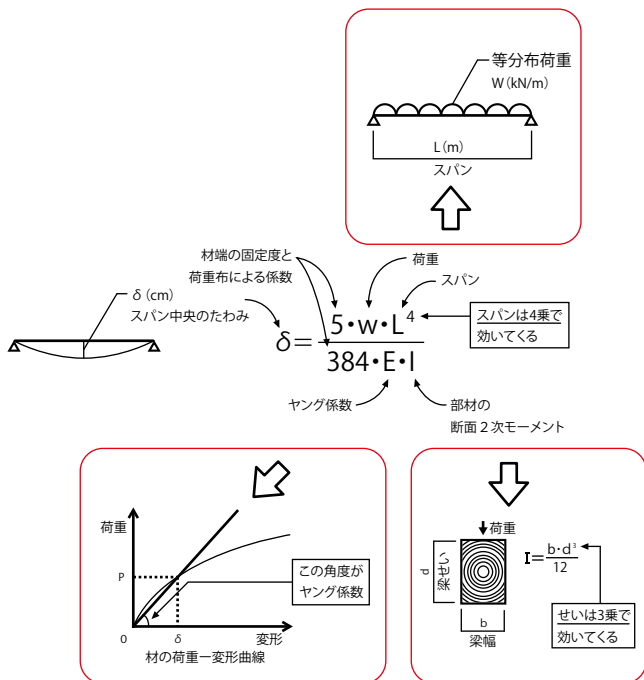


図3 たわみ算定式の解説 ^{*1 p.162}

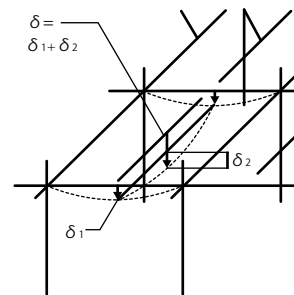


図4 鉛直荷重時の横架材の検討 ^{*1 p.161}

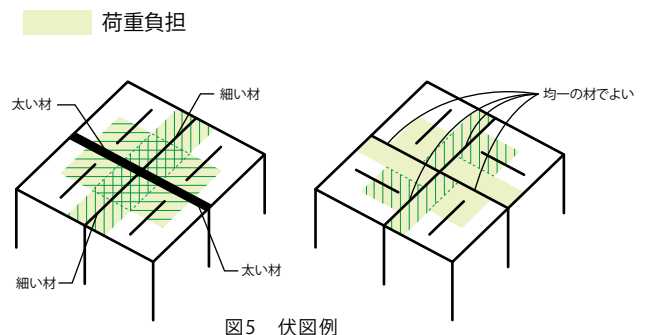


図5 伏図例

建物形状と構造計画

建物形状と構造計画は密接に関係しており、また関係がある方が美しくイニシャルコストが安く済む傾向にある。設計者の好む意匠(L字型の立面と平面・吹き抜け空間・スキップフロア・登り梁)で計画する場合の構造上の注意点がある。また、構造計画によっては大工の施工性の向上にもつながる。

講義日 2012年10月29日(月) 事業者 富山県建築設計監理協同組合

講師 山辺豊彦(山辺構造設計事務所) 講義日 2012年11月27日(火) 事業者 山形県鶴岡市

講義日 2013年1月29日(火) 事業者 山形県鶴岡市

参考文献 *1 山辺豊彦:「ヤマベの木構造」、株式会社エクスナレッジ、2009年4月

1. 意匠とその構造上の注意点

意匠と構造が一体となって計画されている建物は美しい傾向にある。設計者は合理的で美しい建物を計画するようにしたい。その際に重要なのが図1に示す各要素のバランスである。例えば、梁勝ちの場合など軸組が柔らかい場合には剛性の低い耐力壁をまんべんなく配置するため水平剛性も柔でよいが、スパンを飛ばして壁を少なくする場合には壁倍率と床倍率を高める必要がある。特に壁倍率と床倍率・接合部は連動することを感覚的に理解できるようになるとよい。

以下の(1)～(4)に建物の形状と構造上の注意点を示す。

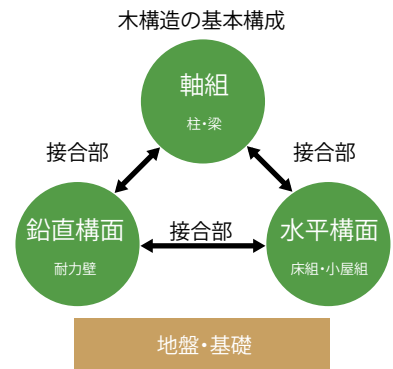


図1 木構造の基本構成(構造④図1を再掲) *1 p.25

(1) L字型平面・立面の場合

L字型平面・立面の場合は全体の壁量の配置バランスのみでなく、ゾーニングを行いそれぞれのゾーン毎に壁量の配置バランスを確認する。それぞれのゾーンで構造を成り立たせる必要があるのは、水平構面をよほど堅くしない限り建物全体に力が伝わらないためである。

なお、軸の振れた平面の場合は力をX軸とY軸に分解して壁量を計算する。

コラム

X軸・Y軸で考え初歩的な間違いをなくす *1 p.24

設計者が、耐力壁の配置についてX軸とY軸で混乱することがある。これは、耐力壁の効く方向を勘違いしやすいからである。そこで、水平力の向きとそれに対抗する軸の向きを対応させて考えると間違いを起しにくい(図2)。

また、梁行き・桁行きと記すことも間違いを起しやすいためX軸Y軸に統一することが望ましい。

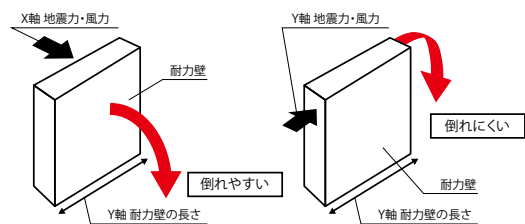


図2 Y軸方向の力にはY軸方向の耐力壁の長さが、X軸方向の力にはX軸方向の耐力壁の長さが影響する。

コラム

壁倍率の考え方 *1 p.97

壁倍率が1の壁とは、長さ1mの壁に1.96kN(200kg)の水平力が作用した場合に、層間変形角が1/120となる壁をいう(図3)。

壁倍率が1倍とは、頂部の変形量が階高の1/120のときの耐力が、壁長さ1m当たり1.96kNであることを意味する

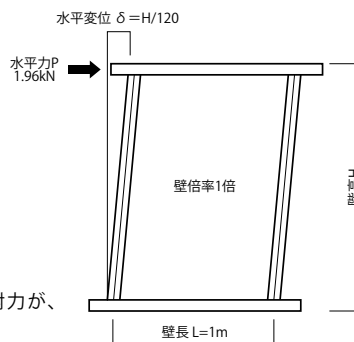


図3 壁倍率 *1 p.98

(2) 吹き抜けを設ける場合

図4のように吹き抜けによって建物を分断する場合は、それぞれをゾーニングして考える。これは、(1)で記したように水平構面によって力が伝わらないためそれぞれのゾーンで構造を成り立たせるためである。

図5のように吹き抜けを配置した場合には、隣接する床の倍率を上げるなど工夫する必要がある。

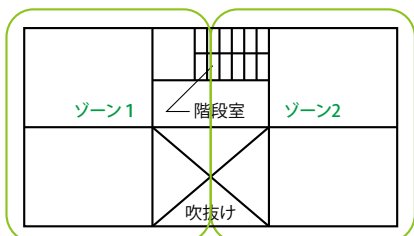


図4 ゾーニング



図5 床倍率

コラム

壁量計算に使用する床面積

*1 p.97, pp.204~207, p.322

壁量計算に使用する床面積の値は、建物の荷重を仮定するために使用するためのものである。そのため、より安全を見込んだ建物の荷重を仮定するには吹き抜け部分やセットバック部分の床面積を入れる必要がある。バルコニーなどの場合は出の半分程度を床面積に加えるなどの配慮が必要である。住宅性能表示制度で用いられる床面積は、セットバックなどの重量の変化にも対応できるように天井伏せで考えるように規定している。

(3) スキップフロア *1 p.47

スキップフロアは水平構面の連続性に問題が起きる場合がある。図6で段差部分に壁がない場合を想定しスキップフロア部分を広げてみると、水平構面が分断されていることがわかる(図6右)。図7のように段差の垂直面は水平構面の延長と考え、床倍率と同等の倍率で連続させるとよい。

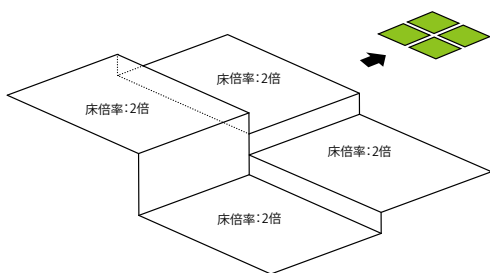


図6 スキップフロアの段差部分が開口の場合、力が分断され変形しやすい

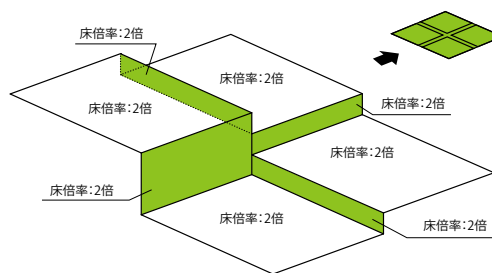


図7 スキップフロアの段差部分の壁倍率を床倍率と揃える

(4) 登り梁の場合

小屋裏を見せるデザインとした場合に登り梁を選択する設計者は多い。そこで気をつけたいのが棟木のたわみと桁のスラスト(水平方向に広がろうとする力)の発生である(図8)。

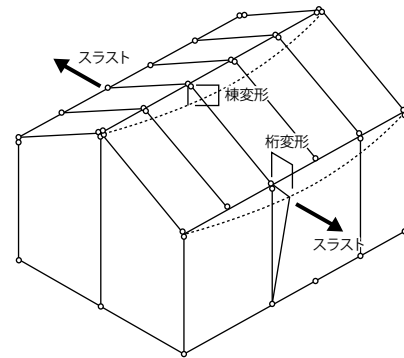
これを防止するために計画上で注意する点は以下の4点である。

- ① 棟木の成や強度を大きくする。
- ② 登り梁の成や強度を大きくする。
- ③ 耐力壁は屋根面まで延長する。
- ④ 屋根面の剛性を高くする。

スラストの他に注意すべき点としては、妻面は風圧力に対抗できるように、柱断面を大きくするか、小屋梁を設けるといった配慮も必要である。

屋根面の剛性を高くする方法として写真1のように斜め板張りにするなどの手法がある。屋根面の剛性は床と同じ仕様で考え、床倍率の高い仕様を用いるとよい。地域の林業試験センターなどでは地域材を用いた床倍率の試験を行っている可能性があり、問い合わせてみるとよい。

また、スラストを抑えるため、登り梁の場合であっても2間間隔程度で小屋梁(図9)を設けることを推奨する。



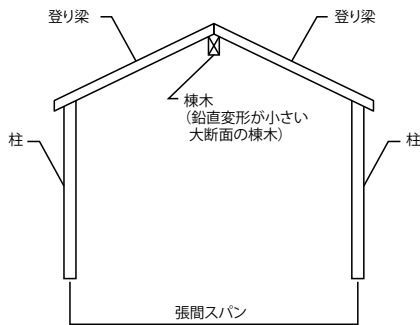
・棟木がたわむと桁梁が水平方向に広がろうとする。その広がろうとする力をスラストという。
・登り梁の変形、屋根面の水平剛性も併せて注意する。

図8 棟木のたわみとスラスト *1 p.119

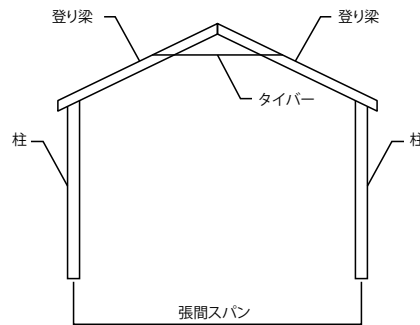


写真1 つくば市立東小学校 屋内運動場

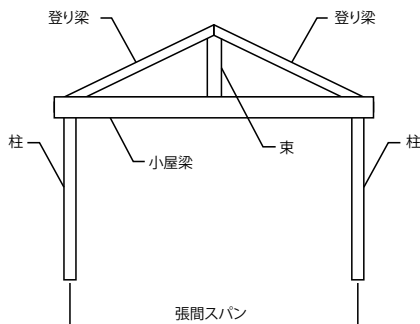
①大きな断面の棟木を設けた登り梁架構



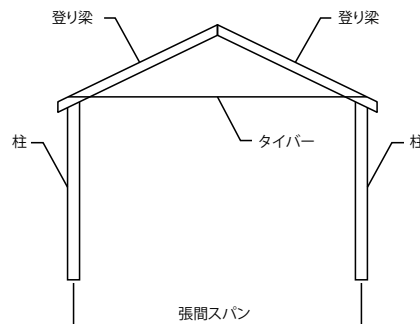
②頂部付近に水平材を用いた登り梁架構



③小屋梁を設けた登り梁架構



④小屋梁をダイバーとした登り梁架構



タイバーは、鉛直荷重時に働く。ただし、水平荷重時や偏荷重時には、タイバーに圧縮力が作用するため効果がないことに注意する必要がある。

図9 スラストの処理方法 *1 p.121

2. 構造計画によってディテールを共通化し大工の施工性を向上する

七沢希望の丘初等学校(図10、11)では、地域の木工仕事の継承を考えており、大工の施工性に考慮した構造計画を採用した。複雑な平面形と立面形となっているが、同じ架構形態(写真2)で、中央側の柱は300φの丸太、壁側の柱は150角の製材から成っている。それを連続して配置することによって同じ継ぎ手仕口を繰り返し加工することになる。複雑な形状でも施工性を高めることを意識した計画の好例である。

その他の工夫点は以下の通りである。

- ・加工するには含水率を測定し25%以下に下がるまで待ってから加工した。これは、25%以上だと木材が暴れるためである。
- ・屋根面の水平剛性の確保および桁方向の偏心率の制御を図るため、方杖をX状に配置し立体的な水平ブレースになるように計画した。
- ・底を片持ち庇とするには大きな梁成が必要となるため、60φの丸鉄鋼を採用した。
- ・接合部は引き寄せ金物による接合(アフタイト接合(写真3))とし金物が見えないように工夫した。
- ・光を取り入れるためにポリカーボネートを用いた耐力壁を採用した。



図10 七沢希望の丘初等学校 平面図



図11 七沢希望の丘初等学校 立面図



写真2 同一架構形態の連続



写真3 アフタイト接合(カタログより転載)

表1 七沢希望の丘初等学校 諸元

名称	学校法人 内田学園 七沢希望の丘初等学校
場所	神奈川県厚木市七沢
設計者	中村勉総合計画事務所
構造設計者	山辺構造設計事務所
木材の産地	神奈川県産材
用途	小学校
規模	建築面積736.53㎡、 延べ面積1,229.72㎡、 最高高さ10.92m、軒高さ8.87m、 地下1階、地上2階
構造計算ルート	ルート1

木造検討の事例

鶴岡市立朝日中学校の架構の検討過程を示す。これを参考に自身の設計で検討を繰り返しながら経験を積み構造の勘を養い意匠設計に活かしていただきたい。



講師 山辺豊彦(山辺構造設計事務所)



講義日 2012年11月27日(火)



事業者 山形県鶴岡市

参考文献 *1 山辺豊彦:「ヤマベの木構造」、株式会社エクスナレッジ、2009年4月

1. 検討手法

鶴岡市立朝日中学校の架構の検討過程を例に検討手法を示す。なお、これは検討過程の一部であり実際には異なる架構に決定することも考えられることに注意する。

検討に際して、設計条件(仕様材料・荷重条件)を仮定し、基本フレームのモデルをいくつか考案する(図1左)。

まず、基本フレームの長期荷重に対する検討を行う。検討では、「CASE」番号を与えた「モデル図」とその「変形図」「応力図」を横並びに示し、考察欄にその構造的な特徴を記す(図1)。

次に基本フレームの長期荷重に対する検討のうち最も妥当なモデル図(この場合4A)を選択し、張り間方向フレームの水平荷重に対する検討を行う。当架構では水平力を軸組だけで無く耐力壁により負担することを検討しており、水平力をどの程度軸組に負担させるかを検討する(この段階ではH3(負担水平力40%)が妥当であると結論づけた。)(図2)。

最後に桁方向フレームの水平荷重に対する検討を行う。これも水平力をどの程度軸組に負担させるかを検討する(この段階ではK3が妥当であると結論づけた。)(図3)。

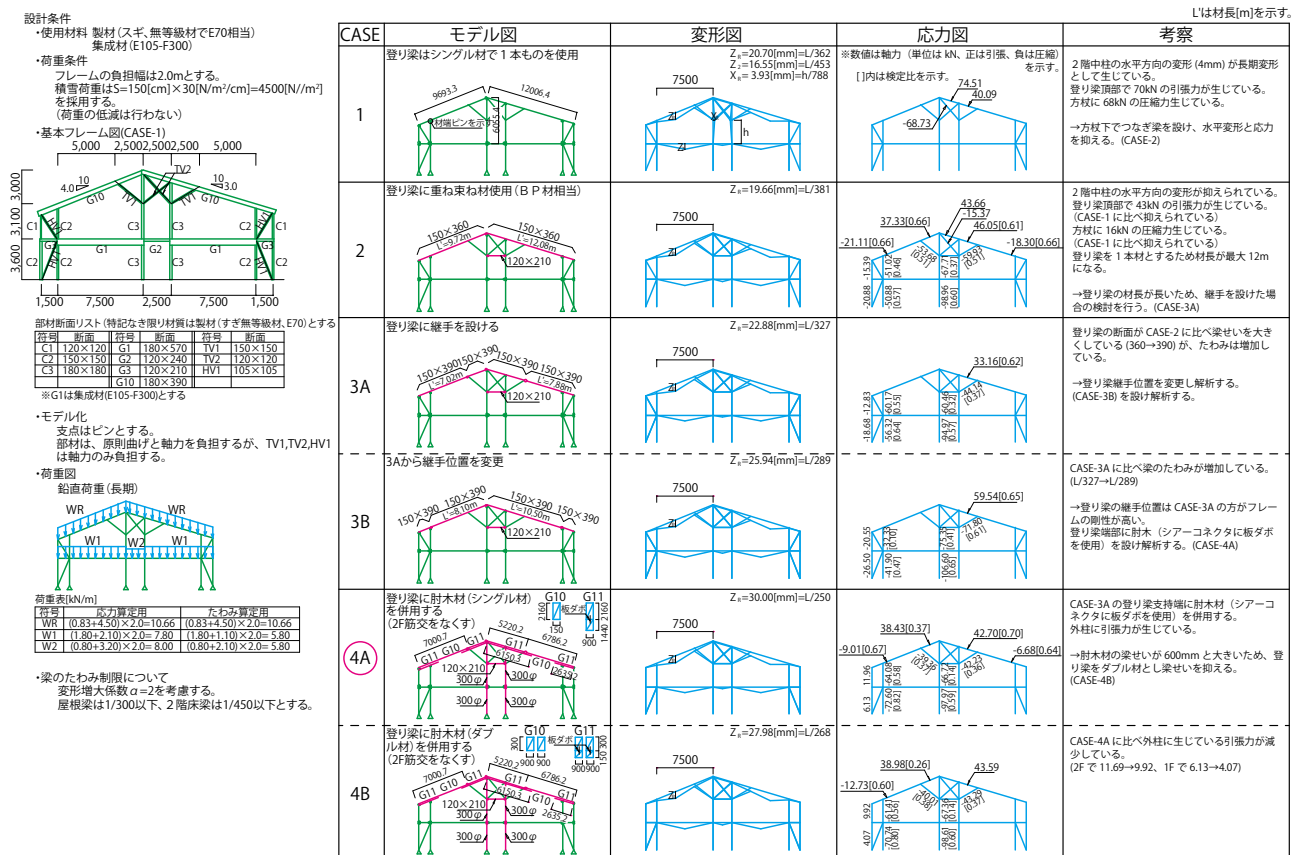
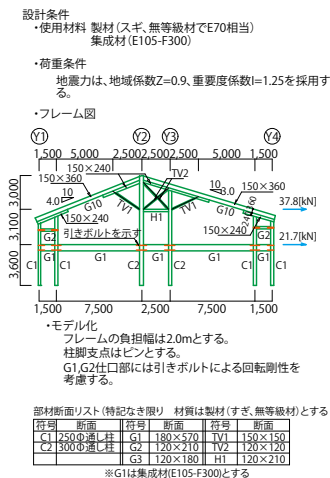


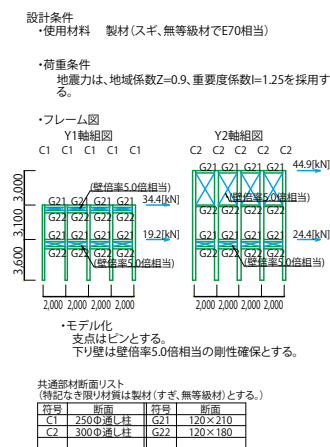
図1 鶴岡市立朝日中学校 基本フレームの長期荷重に対する検討



※負担幅による水平力(100%)と低減した水平力による検討を行う。(残りの水平力は、間仕切壁などで負担するものとする。)

CASE	モデル図	変形図(100%水平力)	変形図(低減した水平力)	応力図(部材の検定比)
H1	基本フレーム 通し柱とする。	$X_1=90.17(\text{mm})=h/39$ $X_2=23.04(\text{mm})=h/86$ $X_3=28.55(\text{mm})=h/107$	30%に低減 $X_1=27.05(\text{mm})=h/133$ $X_2=6.91(\text{mm})=h/289$ $X_3=8.69(\text{mm})=h/356$	30%に低減 ※数値は軸力(単位はkN、正は引張、負は圧縮)を示す。 【】内は検定比を示す。
H2	1階に耐力壁を設ける。 通し柱とする。	$X_1=54.17(\text{mm})=h/76$ $X_2=32.21(\text{mm})=h/61$ $X_3=38.76(\text{mm})=h/80$	50%に低減 $X_1=27.09(\text{mm})=h/132$ $X_2=16.34(\text{mm})=h/122$ $X_3=19.38(\text{mm})=h/159$	50%に低減 -1.28(0.59) 22.89(0.83) -15.72(0.40) 31.04(0.69)
H3	耐力壁を設ける。 柱をC2(300φ)にする。 通し柱とする。	$X_1=59.73(\text{mm})=h/71$ $X_2=20.44(\text{mm})=h/97$ $X_3=26.43(\text{mm})=h/117$	40%に低減 $X_1=23.89(\text{mm})=h/154$ $X_2=10.57(\text{mm})=h/253$	40%に低減 -6.58(0.54) 19.67(0.53) -12.42(0.66) 29.67(0.53)
H2A	1階に耐力壁を設ける。 2階柱脚をピンとする。	$X_1=50.17(\text{mm})=h/77$ $X_2=31.19(\text{mm})=h/72$ $X_3=31.29(\text{mm})=h/73$	22%に低減 $X_1=11.04(\text{mm})=h/236$ $X_2=6.19(\text{mm})=h/143$ $X_3=20.08(\text{mm})=h/154$	22%に低減 -1.36(0.35) 11.89(0.42)
H2B	1階に耐力壁を設ける。 2階柱脚をピンとする。 柱をC2(300φ)にする。	$X_1=49.98(\text{mm})=h/72$ $X_2=61.25(\text{mm})=h/72$ $X_3=76.21(\text{mm})=h/74$	25%に低減 $X_1=13.00(\text{mm})=h/276$ $X_2=13.93(\text{mm})=h/125$ $X_3=19.79(\text{mm})=h/156$	25%に低減 -3.05(0.39) 11.43(0.41)

図2 同 張間方向フレームの水平荷重に対する検討



※負担幅による水平力(100%)と低減した水平力による検討を行う。(残りの水平力は、間仕切壁などで負担するものとする。)

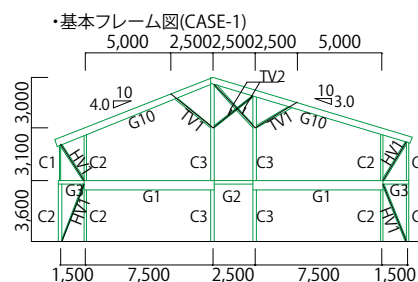
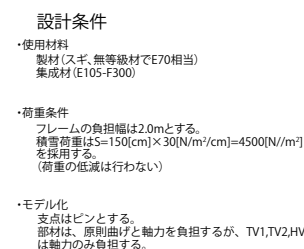
CASE	モデル図	変形図(100%水平力)	変形図(低減した水平力)	応力図(部材の検定比)
K1	基本フレーム 通し柱とする。	$X_1=56.7(\text{mm})=h/35$ $X_2=84.9(\text{mm})=h/28$	Y1:13%に低減 Y2:13%に低減 $X_1=24.72(\text{mm})=h/121$ $X_2=23.55(\text{mm})=h/127$	Y1:13%に低減 Y2:13%に低減 ※数値は軸力(単位はkN、正は引張、負は圧縮)を示す。 【】内は検定比を示す。
K2	2階柱脚をピンとする。 Y1:柱をC2(300φ)に変更	$X_1=146.4(\text{mm})=h/20$ $X_2=189.1(\text{mm})=h/35$ $X_3=181.4(\text{mm})=h/32$	Y1:16%に低減 Y2:13%に低減 $X_1=23.40(\text{mm})=h/138$ $X_2=24.59(\text{mm})=h/125$ $X_3=73.1(\text{mm})=h/123$ $X_4=12.26(\text{mm})=h/252$	Y1:16%に低減 Y2:13%に低減 -3.50(0.25) 4.90(0.45)
K3	2階柱脚をピンとする。 Y1:柱をC2(300φ)に変更 腰壁(壁倍率5.0倍相当)を追加	$X_1=43.35(\text{mm})=h/46$ $X_2=56.07(\text{mm})=h/35$ $X_3=9.93(\text{mm})=h/100$ $X_4=33.04(\text{mm})=h/30$	Y1:38%に低減 Y2:29%に低減 $X_1=16.48(\text{mm})=h/121$ $X_2=3.77(\text{mm})=h/285$ $X_3=16.27(\text{mm})=h/122$ $X_4=9.58(\text{mm})=h/219$	Y1:38%に低減 Y2:29%に低減 -10.99(0.50) 16.97(0.63)

図3 同 桁行方向フレームの水平荷重に対する検討

2. 長期荷重に対する検討例

1.で示した検討手法のうち長期荷重に対する検討課程の例を示す。

設計条件(仕様材料・荷重条件)を仮定し、基本フレーム図をモデル化する。



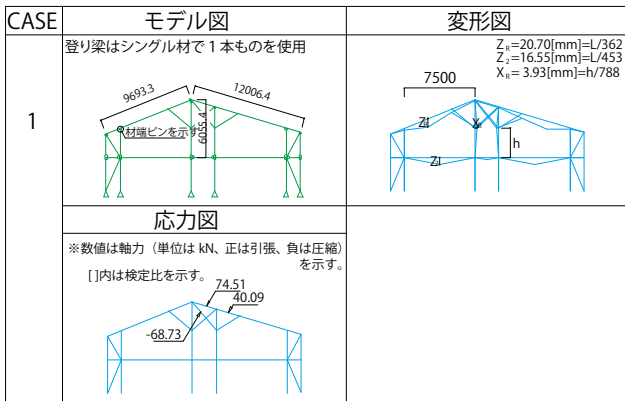
主に使用する部材断面を符号化しておく。

部材断面リスト(特記なき限り材質は製材(スギ、無等級材、E70)とする)

符号	断面	符号	断面
C1	120×120	G1	180×570
C2	150×150	G2	120×240
C3	180×180	G3	120×210
		HV1	105×105
		G10	180×390

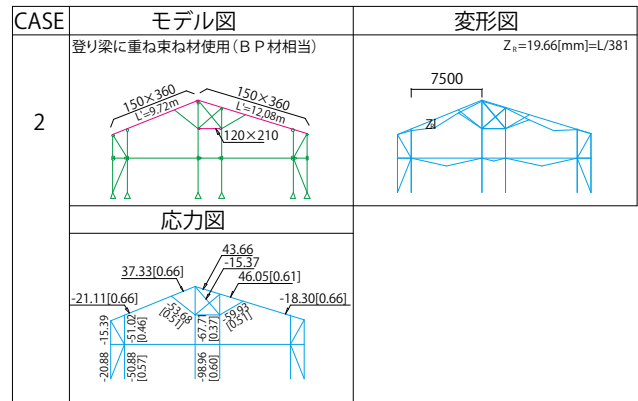
※G1は集成材(E105-F300)とする

【CASE-1】登り梁をシングル材で9.72mと12.08mを使用する。



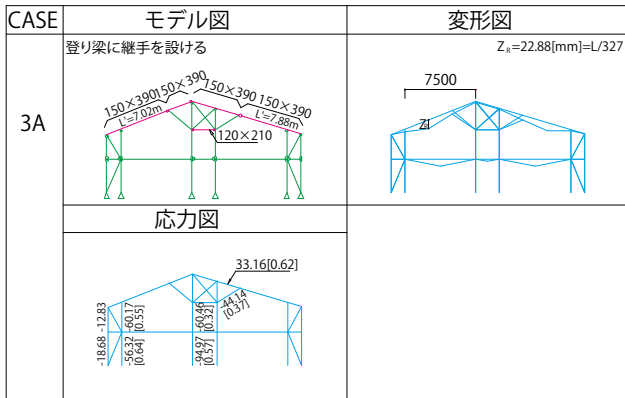
考察: 2階中柱の水平方向の変形(4mm)が長期変形として生じている。
登り梁頂部で70kNの引張力が生じている。
方杖に68kNの圧縮力生じている。
判断: 方杖下でつなぎ梁を設け、水平変形と応力を抑える。(CASE-2)

【CASE-2】登り梁に重ね束ね材使用 (BP材相当)



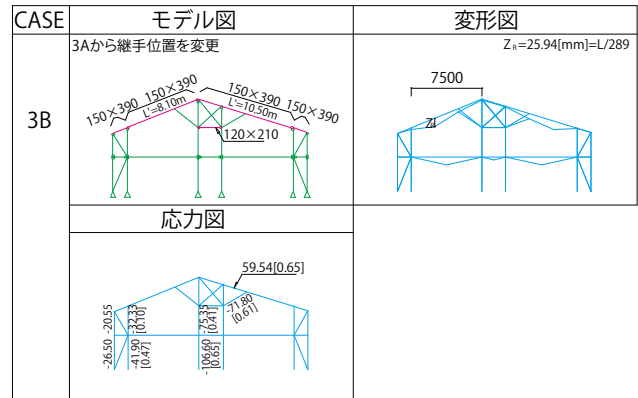
考察: 2階中柱の水平方向の変形が抑えられている。
登り梁頂部で43kNの引張力が生じている。(CASE-1)に比べ抑えられている
方杖に16kNの圧縮力生じている。(CASE-1)に比べ抑えられている
登り梁を1本材とするため材長が最大12mになる
判断: 登り梁の材長が長い場合、継手を設けた場合の検討を行う。(CASE-3A)

【CASE-3A】登り梁に継手を設ける



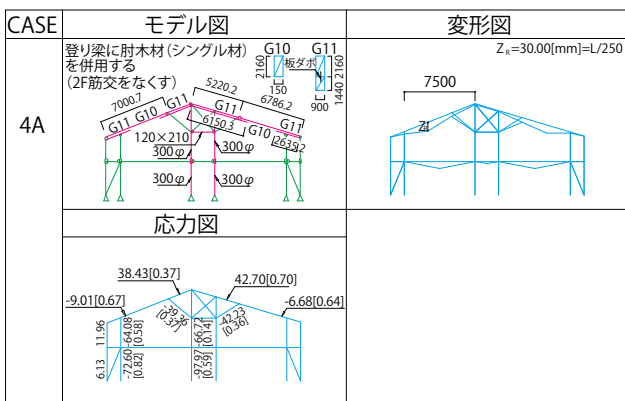
考察: CASE-2)に比べ登り梁の梁せいを大きくしている
(360→390)が、たわみは増加している。
判断: 登り梁継手位置を変更し解析する。(CASE-3B)を設け解析する。

【CASE-3B】3Aから継手位置を変更



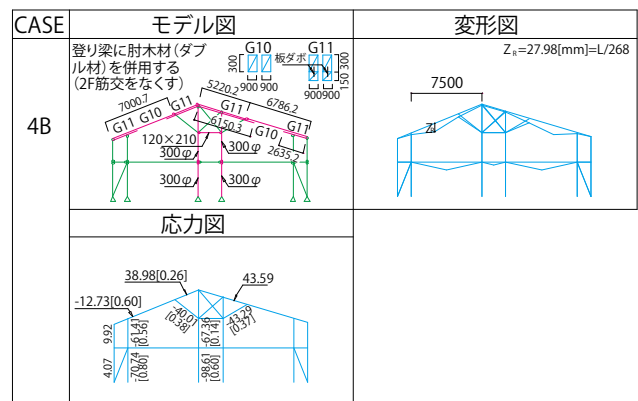
考察: CASE-3A)に比べ梁のたわみが増加している。(L/327→L/289)
判断: 登り梁の継手位置はCASE-3A)の方がフレームの剛性が高い。
登り梁端部に肘木(シアークネクタに板ダボを使用)を設け解析する。
(CASE-4A)

【CASE-4A】登り梁に肘木材(シングル材)を併用する(2F筋交をなくす)



考察: CASE-3A)の登り梁支持端に肘木材(シアークネクタに板ダボを使用)を併用する。
外柱に引張力が生じている。
判断: 肘木材の梁せいが600mmと大きいため、登り梁をダブル材とし梁せいを抑える。(CASE-4B)

【CASE-4B】登り梁に肘木材(ダブル材)を併用する(2F筋交をなくす)



考察: CASE-4A)に比べ外柱に生じている引張力が減少している。
(2Fで11.69→9.92、1Fで6.13→4.07)

総合判断

- ・長期応力に対して/ 4Aは登り梁をシングル材、4Bは登り梁をダブル材としているが、コストに配慮し4Aを採用した。
- ・水平荷重時に対して/ 多雪区域であることに加え、建物の用途係数もかかるため、荷重条件が厳しいことから、どの方向も耐力壁+ラーメン架構形式を採用している。梁間方向フレームは柱材長さ6m以下を想定し、骨組み架構効率からH3を採用した。桁行方向フレームは柱材、垂れ壁、腰壁を活用したラーメン架構からK3を採用した。なお柱脚半固定によって多少ラーメン架構の負担率を高めることも可能である。

木材を用いた構造デザイン

比較的大きなスパンを持つ事例において、どのように構造を成立させたのか解説する。



講師 山田憲明(山田憲明構造設計事務所)



講義日 2013年2月1日(金)



事業者 熊本県五木村

1. 昭島すみれ幼稚園

管理棟、調理棟、遊戯棟、及び8棟の保育棟からなる分棟式の木造幼稚園である(写真1、2)。各棟間は鉄骨造の渡り廊下で繋がっている。屋根はどの棟も直角四角錐形状をしており、四角錐屋根の頂部にはトップサイドライトが設けられ、内部空間に柔らかい光をそそいでいる。各棟はこの屋根形状を生かした構造となっている。



写真1 外観



写真2 全体模型

保育棟は6.8×6.8mの正方形平面を有する平屋である。まずトップサイドライトの突出部(以下、クラウン)を杉120角でフレームを組んで丸鋼を対角線上に張って張力式のクラウンをつくり外周の軒桁に扇垂木杉60×210を密に架け渡した。これだけでは対角線通り付近の垂木スパンが8mにもなってしまう剛性と耐力が不足するので、扇垂木と直角方向の対角線に沿って扇垂木上に溝形鋼(寸法:[-125×65×6×8])の山形アーチを架け渡した(写真3)。この対角線アーチ(以下、ダイヤゴナルアーチ)は、中央付近の扇垂木をラグスクリューで吊りつつ、周辺部の扇垂木はダイヤゴナルアーチの座屈止めの役割を担う。ダイヤゴナルアーチに生じるスラストは外周の軒桁で抑え込んでいる(図1)。以上により内部を無柱空間としている(写真4)。



写真3 ダイアゴナルアーチ



写真4 保育棟内観

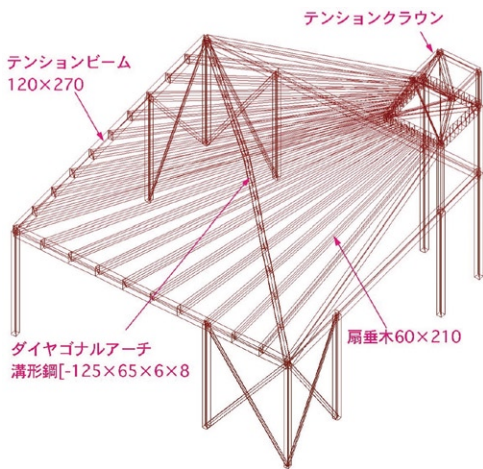


図1 保育棟の構造システム

建物名称	昭島すみれ幼稚園
所在地	東京都昭島市
建築主	学校法人 浦野学園
設計者	仙田満+環境デザイン研究所
施工者	カトービルド
建物規模	建築面積 965㎡
	延べ面積 1179㎡
	階数 地上2階
	最高高さ 保育棟6.3m
遊戯棟	11.3mm
主要用途	幼稚園
主要構造	木造+一部S造、直接基礎
竣工	2011年10月

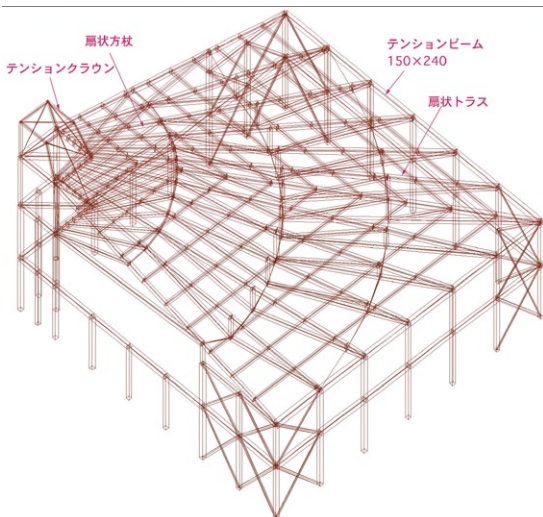


図2 遊戯棟の構造システム

遊戯棟は13.2×13.2mの正方形平面を有する2階建てである。保育棟と同様にトップサイドライトの突出部を張力式クラウンとした。ただし、応力レベルが保育棟に比べて格段が大きかったため、フレーム(75角パイプ)も張力材も鋼製とし、このクラウンから外周の軒桁に扇状トラスを密に架け渡した。高さ制限が厳しくトラスせいの確保が困難であったため、隅部から扇状に方杖を持ち出してトラス端部を支持することでトラスせいを抑えた。方杖によって生じるスラスト(水平方向に広がろうとする力)は保育棟と同様に外周部の軒桁で抑え込んでいる(図2)。また、1/4円平面(半径9.1m)の2階会議室は、階下のホールに柱を設けるのが困難なため、木造フレーム内に入れ子状に鉄骨フレームを入れ、大きな跳ね出しを可能にした(写真5)。



写真5 遊戯棟内観

2. 緑の詩保育園

2.1 計画概要

緑の詩保育園は、子どもたちの活発な活動を喚起するよう、施設全体があたかも大きな遊具のように計画された木造2階建ての認定こども園である。敷地の中心にあるホールを3つの保育室が取り囲み、その間は子どもたちが遊びまわれる高さ2m程度の丘状回遊ギャラリーによって緩やかに仕切られ、子どもたちの気配がどこからでも感じられる有機的な空間となっている(図3)。緑豊かな周囲の環境になじむよう外壁面を内側にゆるく傾斜させており、大地にしっかりと根付く外観をつくるとともに保育室の構造システムとの融合をはかっている(写真6)。

内外圧縮・引張リングを有する多角形方形屋根と、ポスト(柱)とバックステイ(吊構造で柱を支える控え材)を有する折板吊り屋根の構造システムは、これらの建築イメージとコンセプトを豊かに具現化するために、力学形態のダイナミズムが空間の躍動感につながることを意図して提案したものである。ローコストを実現するために部材断面寸法を抑え、全ての木材に一般住宅用のスギ・ベイマツ製材を使用している。これら木材同士は、仕口・継手加工を施して組み、ボルトやラグスクリューで留める程度の簡易な接合を主体としている(図4)。

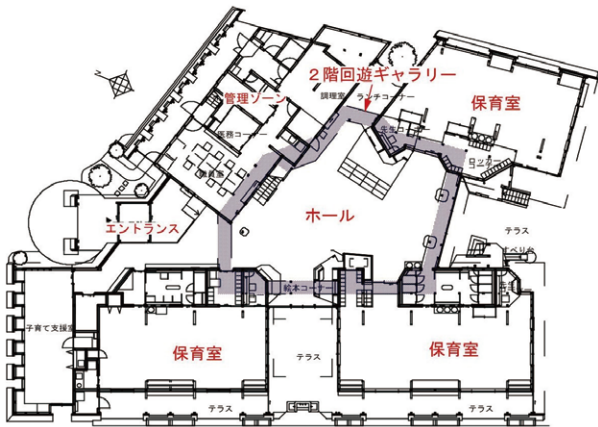


図3 1階平面図



写真6 アプローチからの外観

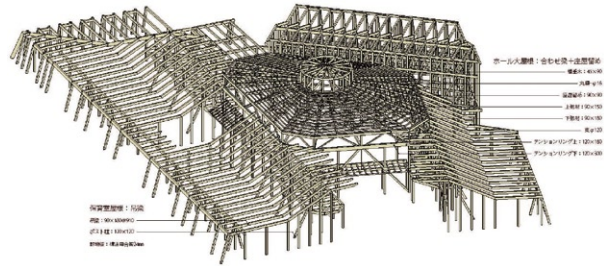


図4 構造ダイヤグラム

2.2 保育室の構造

保育棟は7.28m×14.56mの長方形平面を有する。構造計画上で課題となったのは次の2点である。

- ①短辺スパンでも7.28mとなる屋根構造をどうするか。
- ②細長い大空間に対して短辺方向の水平耐力要素をどう確保するか。

スパン7.28mを一般的な片流れ屋根の単純梁で架け渡そうとすると、梁せいは400mm以上の大断面になる上に8mもの長材が必要となり材料コストが大幅にアップする。また短辺方向の水平耐力要素として一般的な在来軸組工法の耐力壁を配置すると、空間が分節されるとともに使用上の支障が生じる。これら2つの課題を同時に解決するものとして折板式の吊り構造を提案した。まず片流れ屋根をスパン中央で下凸状に折って「へ」の字形の折板をつくる。この両端に回遊ギャラリーや外壁にフィットするように逆V字形の檜を建てれば吊り構造の原型ができあがる(図5、6)。

折板はペイマツ吊梁90×180@910mmに構造用合板t24を貼ってつくっている(写真7、8)。吊梁中央折点の継手はピン接合でよいため、木材木口に目違い加工を施して組んでスリットプレートとドリフトピンによる簡素な方法とし、経年による乾燥収縮や木痩せに対応できるように工夫した。折板式の吊り屋根の構造システムにより梁の小断面化と中央折点位置での継手設置が実現でき、安価な住宅用定尺製材の使用を可能にしている(写真9)。折板を支持する檜は、スギ120角を逆V字柱として組み、これをポスト・バックステイとして3,640mmピッチに配置している。吊梁と逆V字柱の接合は、仕口加工を施して木材間で応力伝達をさせ、更に鋼パイプとドリフトピンで固定している。

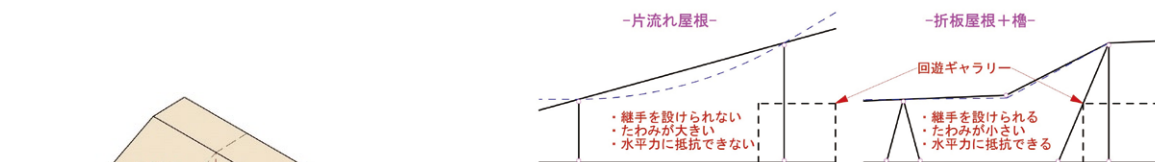


図6 屋根形態のスタディ

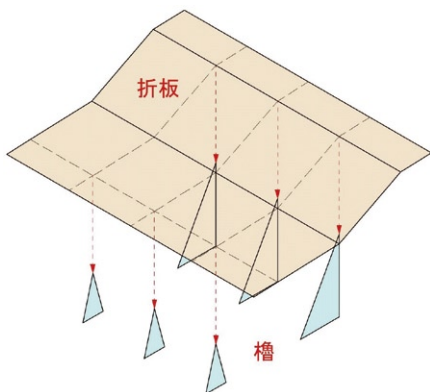


図5 折板吊り構造のイメージ



写真7 吊梁のセット



写真8 構造用合板による折板

2.3 ホールの構造

施設の中心に位置する2層吹き抜けのホールは、周囲の保育室等各ボリュームが寄り合っできるボイド空間で、短径14m長径18mの不整形な9角形平面を有している。施設中心部の明るさを確保するために、ホール中心部と外周部にはトップサイドライトによる採光が計画されていた。構造計画上で課題となったのは、次の4点である。

- ①最大スパンが18mに及ぶ屋根構造をどうするか。
- ②不整形平面形状を力学的にどうバランスさせるか。
- ③中心部と外周部に計画されているトップサイドライトの開口部の応力伝達をどうするか。
- ④屋根面水平力を基礎レベルまでどう伝達させるか。

これら4つの課題を同時に解決するものとして提案したのが、内外に圧縮・引張リングを用いた自旋式(アンカーブロック等を用いず引張力を支える構造形式)の多角形方形屋根である(図7)。

まず不整形な9角形平面の中心にトップサイドライト用の正15角形(中央リング)をおき、周囲を15個の四角形に平面分割した。次に、分割線位置にベイマツ90×180と丸鋼φ16で構成するハイブリッドトラス、外周にベイマツ120×300とFB-12×120で構成する木質ハイブリッド梁(外周リング)を設け、中央リングを立体的に支持させるとともに、周囲の屋根荷重を中央・外周リングまで伝達させた。ハイブリッドトラスの下弦材は大きな圧縮軸力を受けることになるため、下弦材と登梁をブレース90×90で繋ぎ、座屈耐力を向上させた。中央リングの上部には王冠状の小屋根を設け、豊かな採光を確保している(写真10)。

以上の構造では不整多角形形状であるが故に生じる短径方向スラストにより変形が大きくなるため、屋根面に構造用合板を貼ることで屋根面内剛性を向上させて変形を抑え、これにより屋根面に生じる地震時水平力を外周まで伝達させるという同時解決を図った。様々な角度で複数部材が集まってくるリングとトラスの接合部は、大入れ仕口加工を施して木材間で応力伝達をさせ、更に梁天端に鋼製プレートとラグスクリューにより固定している。



写真9 保育室内観

作品(建築物)概要
 木造 地上2階 高さ:8.49m
 建築面積:925.01㎡ 延べ面積:970.93㎡
 用途:保育所
 所在地:埼玉県北本市 竣工:平成23年3月31日
 設計者:仙田満+環境デザイン研究所
 構造設計者:増田建築構造事務所
 設備設計者:ZO設計室



写真10 ホール内観

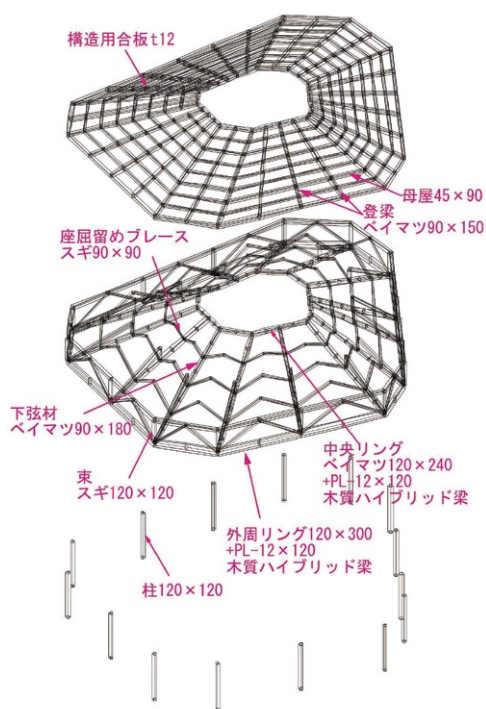


図7 ホールの構造システム

3. 中学校体育館の事例

3. 西袋中学校体育館

乾燥材の入手が容易な杉4寸角の組み合わせで屋内運動場アリーナの広い無柱空間(29.6×34.5m)に木造斜交格子梁の曲面屋根を架け渡した(写真11)。

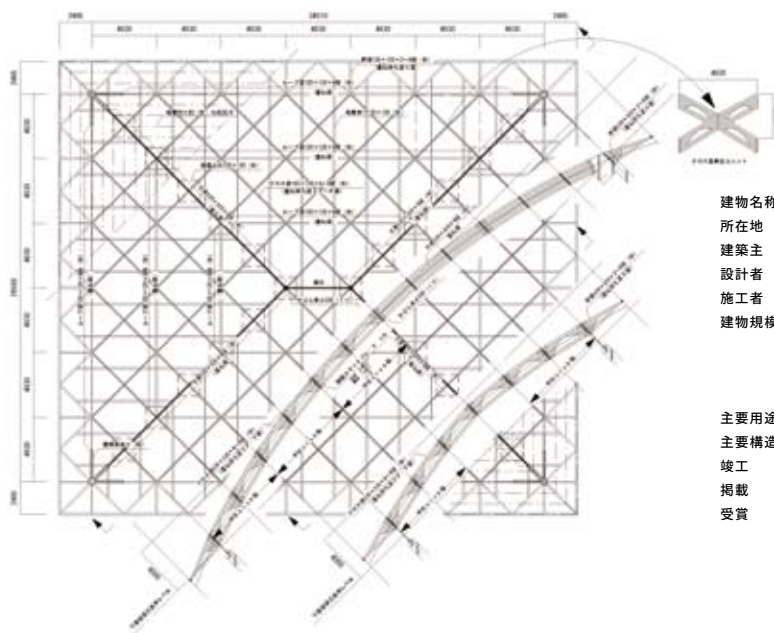
木材の強度を最大限発揮し得るよう部材応力が軸力主体とすること、法規上の高さ制限をクリアしながら屋内の天井高さを十分確保することなどを基本に計画を進めた。その結果、屋根梁を長方形プランに対して斜交配置した楕円面形リブシェルとし、外周RC梁隅部に力を集めてスラストを処理する方法を最終案とした。屋根梁は高価な大断面集成材によらず、縦に9段重ねた杉4寸角を30mm間隔の堅木ダボで接合した重ね合成梁である。ダボ接合の強度と剛性は実験によって確認し、更にダボ接合部の長期すべり変形が屋根全体の変形量にほとんど影響を及ぼさないよう計画している。また、屋根梁を各々応力状態の異なる4種類の合成ユニット(主梁・ループ梁・クロス梁・軒梁)で構成し、施工の合理化を試みた(図8)。クロス梁は重ね持ち送りアーチ梁とし、屋根架構デザイン上の特徴となっている(写真12)。屋根梁同士の接合は工期等の理由で堅木を組み合わせた接合方法から鋼製スリットプレートによる方法に変更となった。ジャッキダウン直後の変形量は部材加工の正確さと建方の精度の高さもあって頂部で15mm、最大で22mm程度と小さくおさまった。



写真11 外観



写真12 内観



建物名称	西袋中学校体育館
所在地	福島県須賀川市
建築主	須賀川市
設計者	保坂隆一郎建築研究所
施工者	篠澤建設工業
建物規模	建築面積 1420㎡
	延べ面積 1270㎡
	階数 地上1階
	最高高さ 12.85m
主要用途	体育館
主要構造	RC造+木造、杭基礎
竣工	2003年3月
掲載	新建築2003:8
受賞	第23回福島県建築文化賞特別部門賞 平成16年度公立学校優良施設表彰 文教施設協会賞

図8 屋根伏図

4. 仁井田中学校体育館

前述の西袋中学校体育館と同規模の中学校体育館を同じ須賀川市内に同じチームで設計できる幸運に恵まれた。構造計画は以下の西袋中学校体育館の改善点の確認から始まった。

- 1) 厳しい高さ制限をクリアしつつ天井高を確保するために屋根形態として採用した楕円面は、応力バランスに改善の余地がある上、軒先を跳ね上げにくい。
- 2) 斜交格子状のリブ配置は、力学的合理性はあるものの接合部のおさまりが複雑になる。
- 3) リブせいを抑える目的でリブ天レベルを揃えてリブ断面を統一したため、同レベルで最大6方向の梁交差を生じ、接合部設計が複雑になった。
- 4) 上記より高価な接合金物を製作しなければならず、コストアップと美観の問題が残った。
- 5) 杉4寸角材をダボ接合により縦に数段重ねた合成梁は、ダボ孔の断面欠損を補うために使用木材量が増えた。

上記課題を次のように解決した。

- A) 屋根形態にVelaroidal曲面を採用したシェル構造とすることで、応力バランスを改善するとともに軒先を自然に跳ねあげることができるようにした(図9)。
- B) プランに対しリブを斜交ではなく直交配置とし、更に寄棟屋根構成をヒントに垂木→母屋→隅木といったように、上位の部材を下位の部材の上に積み上げる構成とする(写真13)。
- C) 木材に曲げやすい杉3寸角を用い、これをボルトで数段数列束ねてリブアーチ材をつくり、リブシェルの基本構成要素とする。
- D) 以上の構成により、各リブアーチ同士の接合は上位リブを下位リブに載せてコーチスクリューで留めつけるだけの簡易な接合で済み、高価な製作金物を大幅に減らした。

以上により西袋中学校体育館を更に発展させた構造を実現した(写真14、15)。

建物名称	仁井田中学校体育館
所在地	福島県須賀川市
建築主	須賀川市
設計者	保坂陽一郎建築研究所
施工者	荒牧建設
建物規模	建築面積 1479㎡
	延べ面積 1278㎡
	階数 地上1階
	最高高さ 12.78m
主要用途	体育館
主要構造	RC造+木造、杭基礎
竣工	2007年3月
受賞	第27回福島県建築文化賞優秀賞



図9 Velaroidal曲面の屋根形態



写真13 簡易な積み上げ構成屋根



写真14 外観



写真15 内観

5. 国際教養大学図書館棟

半円形平面・段状断面を有する24時間オープンの本図書館は、国際教養大学の中枢施設として2008年に建設された(写真16)。

構造計画上の主要条件は、プロポーザル要項にある秋田県産木材を多用することの他、図書館としての遮音性と水密性、広大なフラットルーフの150cm滞雪性能、ルーフ段差・外周部の水平スリット状ハイサイドライトの開放性、半円筒形大空間のバランスであった。主要木材は、中目丸太の有効利用を考え、秋田杉の径5~8寸、長さ4~8m程度の芯持材である。

これらの与件に対し、まず外周をRC壁とし、入れ子状に秋田杉製材による放射状二重合成梁を配置した。二重合成梁は、又首(さす)梁と重ね透かし梁という適応スパンの異なる2種類の合成梁を縦に重ねたもので、大荷重・長スパンに対しても小径木の使用を可能としつつ軽快な架構を実現できるものとして考案した(図10)。二重合成梁は接合箇所が多くなるため製作金物を用いるとコストアップや美観の問題があったが、伝統的要素技術である継手・仕口を用いて解決した(写真17)。放射梁が集まる円弧中心部では、混雑を解消しつつ梁スパンを短縮する目的で、中心から2.5m離れた位置に鉄骨円弧梁を配置して放射梁を受け、これを基礎レベルの円弧中心から傾けて建てた6本の300φ杉柱で支持した。ルーフ段差・外周部では鉄骨フィーレンデル梁と片持ち柱を配置してハイサイドライトの開放性を獲得し、ルーフ段差部では6本の360角杉柱でフィーレンデル梁を支持した(図11)。以上の構造のみでは積雪時のスラストによる変形が大きくなるため、屋根面に構造用合板を貼って構面をつくり立体的に安定させた(図12)。



写真16 内観(撮影:藤塚光政)



写真17 二重合成梁モックアップ

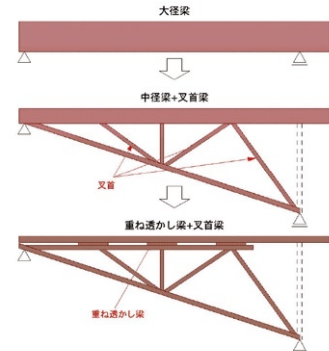


図10 合成梁のスタディ

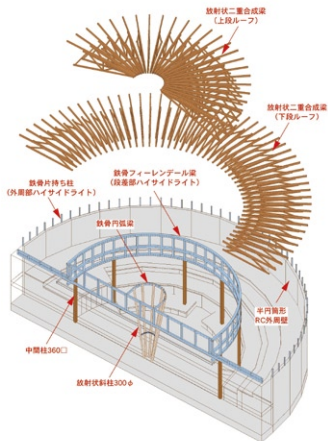


図11 構造システム

建物名称	国際教養大学図書館棟
所在地	秋田県秋田市雄和榑川字奥榑田岱193-2
建築主	国際教養大学
設計者	仙田満+環境デザイン・コスモス共同企業体
施工者	大木・沢木・足利・石郷岡・互大異業種共同企業体
建物規模	建築面積 2433㎡
	延べ面積 4055㎡
	階数 地上2階
	最高高さ 12.98m
主要用途	大学施設(図書館 教室)
主要構造	木造+RC造+S造、直接基礎
総工費	10.5億円
竣工	2008年2月
掲載	新建築2009:05
	建築技術2010:06
受賞	第22回JSCA賞作品賞(2011)

このような製材を用いた大架構では、木材の乾燥収縮による応力集中や有害な変形が懸念されるため、自己収縮ひずみを考慮した解析(材軸方向収縮率0.1%)を行い、収縮に追従できる架構をスタディした。更に木材選定と乾燥を慎重に行うとともに、将来の変形に備えて調整可能な機構を各所に設け、数年ごとの定期検査実施を計画した。

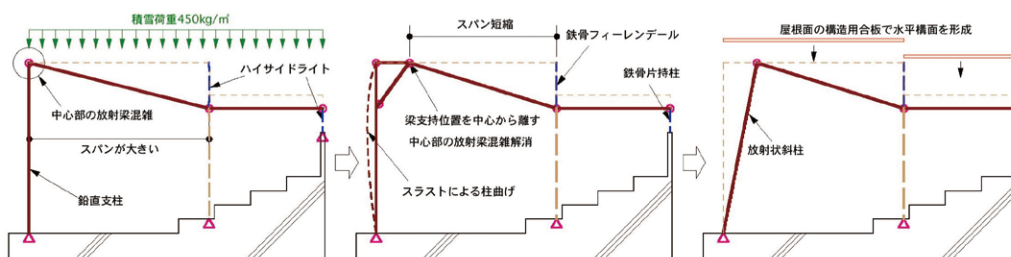


図12 架構決定のプロセス

6. 東北大学大学院環境科学研究科エコラボ

エコラボは「環境省エコハウスプロジェクト」を推進すべく、環境科学研究科のシンボルとして建設された木造2階建ての研究・教育施設である(写真18、19)。施設の開放性やフレキシビリティが求められたプロポーザルでは建築・構造・設備の各設計者が個別に選定された。1階は中央エントランスホールの両側に講義室、2階は中央ホールの周囲に10室の研究室が配置されている(図13)。構造材には設計者である佐々木文彦氏の発案で東北大学所有の杉間伐材を使用している。



写真18 外観



写真19 内観



図13 平面図

建物名称 東北大学大学院環境科学研究科エコラボ
 所在地 宮城県仙台市青葉区
 建築主 東北大学
 設計者 ササキ設計 佐々木文彦
 施工者 サンホーム
 建物規模 建築面積 670㎡
 延床面積 998㎡
 階数 地上2階
 最高高さ 10.85m
 主要用途 学校
 主要構造 木造、直接基礎
 総工費 1.3億円
 竣工 2010年5月
 受賞 第7回日本構造デザイン賞(2012)
 第14回木材活用コンクール特別賞(2011)

8mスパンの床、1階階高4.2mを有する延床約1,000㎡規模の木造施設において、杉間伐材を用いた開放的な空間を実現するために、平角柱・ダブル梁・方杖・掘立柱による「組立式木造ラーメン」を考案した。平角柱150×360を東西方向8m、南北方向2m間隔に建ててダブル梁105×390で挟み、接合部付近に方杖を入れて東西方向に抵抗できる門型ラーメン構造をつくった。これにより鉛直・水平荷重時の応力・変形を小さく抑えられるとともに、隣接スパンへの連続性が生まれることで跳ね出しやスパン中間位置での継手配置を可能にしている。更に4.2mもの階高を有する1階の水平荷重時応力・変形を低減しつつ柱の座屈条件を改善するために、木柱に沓金物を履かせてRC基礎に埋め込む「掘立柱」にしている(図14)。南北方向は方杖設置可能な箇所が限られるため、菱形に方杖を入れた構面を集中的に配置することで水平耐力を確保した(図15)。各接合部は仕口や金物を利用したボルト締め等の簡易な方法をとっている。

方杖の利点は本数や高さ等入れ方を調整することで剛性をコントロールできることである。建築計画、平面・立面的に剛性のバラツキが懸念されたが、方杖の調整によって各階各方向で偏心率0.15以下、剛性率0.60以上のバランスを獲得している。

3.11東北地方太平洋沖地震では震度6強の揺れが襲い、キャンパス内施設の多くが大きな被害を受ける中、エコラボはユラユラと揺れてガラス1枚割れることなく耐え、地震後は大学の震災対策本部が置かれるなど十分に機能した。

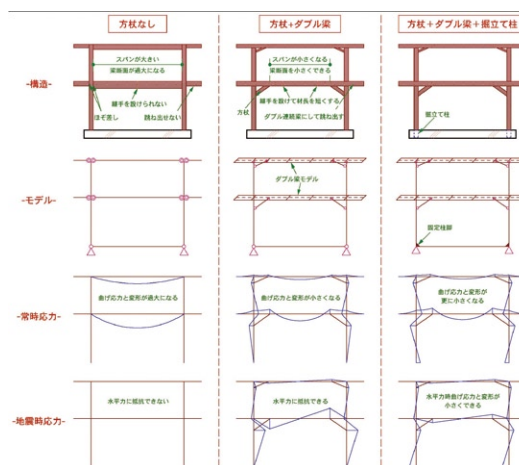


図14 組立ラーメン化のプロセス

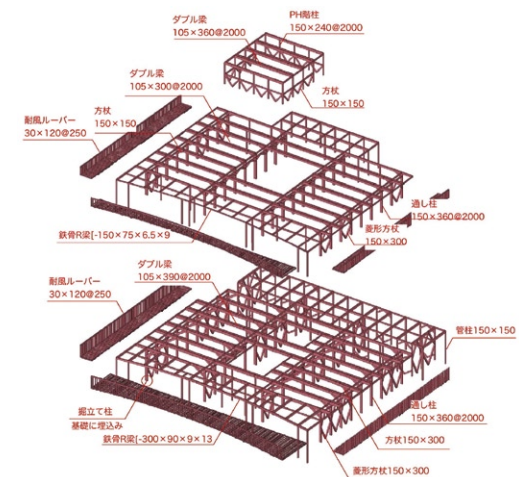


図15 構造システム

7. 大洲城天守

大洲城は、その優れた先人達の建築文化を継承すべく研究者・設計者・施工者が一体となって作り上げた4層4階の木造天守閣で、高さ19.15mは戦後復元された木造天守閣としては日本一である(写真20)。構造は、伝統的仕口の特性を生かした半剛節ラーメンによる曲げ架構と土壁によるせん断架構で構成されている(写真21)。

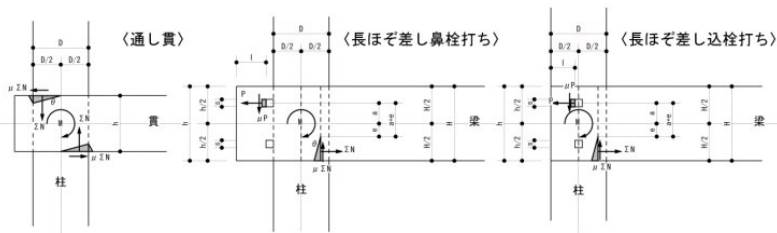
伝統木構造の最大の特徴は、柱と横架材の接合部すなわち仕口の構造特性にある。稲山正弘氏のめりこみ理論等、過去の研究者達がこれまでに築き上げた実験データを元に、定量化が難しいとされる伝統的仕口の計算モデルを開発し、このモデルを用いて建物全体の構造解析を行った(図16)。仕口部に生じるモーメントは、主に接合部の回転変形によって生じるほぞや胴づき面のめり込み圧縮力とそれに伴う摩擦せん断力で伝達されると考えられ、これらの伝達機構をモデル化に組み込んだ。実際に用いた仕口の1/2模型実験によって計算モデルの整合性を確認した。



写真20 外観



写真21 内観



$$K_N = k_1 + k_2$$

$$k_1 = \frac{D^3 b E_{IT}}{4h} \left(\frac{1}{3} + \frac{4h}{3D} + \frac{16h^2}{9D^2} \right) \quad k_2 = \frac{\mu D^3 b E_{IT}}{4} \left(\frac{1}{2} + \frac{4h}{3D} \right)$$

$$K_{H1} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$$

$$k_3 = J(a+e)^2 + \frac{r E_{IT} (H/2 - e)^3}{D} \left[\frac{1}{3} + \frac{2D}{3(H/2 - e)} + \frac{4D^2}{9(H/2 - e)} \right]$$

$$k_4 = \mu D J(a+e)$$

$$K_{H2} = k_1 + k_2 + k_5 + k_6$$

$$k_5 = J(a+e)^2 + \frac{r E_{IT} (H/2 - e)^3}{(D-s)/2} \left[\frac{1}{3} + \frac{D-s}{3(H/2 - e)} + \frac{(D-s)^2}{9(H/2 - e)} \right]$$

$$k_6 = \mu J(D-s)(a+e)/2$$

- K_N : 通り貫仕口の回転剛性
- K_{H1} : 長ほぞ差し鼻栓打ち仕口の回転剛性
- K_{H2} : 長ほぞ差し込栓打ち仕口の回転剛性
- k_1 : 貫(ほぞ)の三角形変形めりこみ圧縮力による回転剛性
- k_2 : 貫(ほぞ)の摩擦せん断力による回転剛性
- k_3 : 鼻栓の等変位と胴づき面の三角形めりこみ圧縮力による回転剛性
- k_4 : 鼻栓と胴づき面の摩擦せん断力による回転剛性
- k_5 : 込栓の等変位と胴づき面の三角形めりこみ圧縮力による回転剛性
- k_6 : 込栓と胴づき面の摩擦せん断力による回転剛性
- B: 梁幅 H: 梁せい b: 貫(梁ほぞ)幅 h: 貫(梁ほぞ)せい
- t: 柱幅 D: 柱せい a: 鼻栓(込栓)径 μ : 摩擦係数
- E_{IT} : 貫(梁)材の全面横圧縮ヤング係数
- E_{IT} : 柱材の全面横圧縮ヤング係数
- J: 鼻栓(込栓)の寸法・材質等から決まる係数
- e: 中立軸位置

建物名称	大洲城天守
所在地	愛媛県大洲市
建築主	大洲市
設計者	三宿工房、竹林舎、前川建築研究室
施工者	間組
建物規模	延べ面積 500㎡
	階数 地上4階
	最高高さ 19.15m
主要構造	木造、杭基礎
竣工年	2004年
掲載	建築技術2006:01~03
受賞	第1回ものづくり日本大賞(2005) 第7回国土技術開発賞最優秀賞(2005) 日本建築学会賞(業績)(2006)

図16 伝統的仕口の計算モデル

8. レストラン アーティチョーク

軽井沢の湖畔に建つ木造レストランである(写真22)。3つの特徴的な木造ラチスシェル(中央・屋根・外周ラチス)が有機的につながることによって構造をなしている(写真23、図17)。材料は、耐久性と入手の容易さを踏まえ現地産小径カラマツ材を用いている。

建物中央部にそびえる中央ラチスは直径90mmの材を回転双曲面状に組んだラチスシェルで、屋根ラチス下弦材を吊り上げる主塔の役割を担い、鉛直荷重に対して座屈と変形を抑えている。

外周ラチスは90mm角材を同じく回転双曲面状のトラスウォールで、鉛直荷重に対してはトラス梁として機能するとともに、暴風や地震荷重に対してはブレースの役割を果たし、八角型平面の頂点に立つ独立柱を含む鉄筋コンクリート基壇へと力を伝達する。

屋根ラチスは120×20mm挽板を編むように12段重ねた回転面形挽板合成ラチスシェルである。12段の挽板は、屋根面を形づくる上弦材と、小屋束を支持するアーチ形状下弦材の二手に分かれる。下弦アーチ材の形状は、荷重分布に則って上凸型の3次曲線を基本とし、モックアップによる構造・施工実験を経て最終的に決定した。また偏荷重に対応するため直径24mmケヤキ赤身ダボとボルトM16を用いて各板を一体化することで曲げ剛性を向上させている。



写真22 外観



写真23 内観

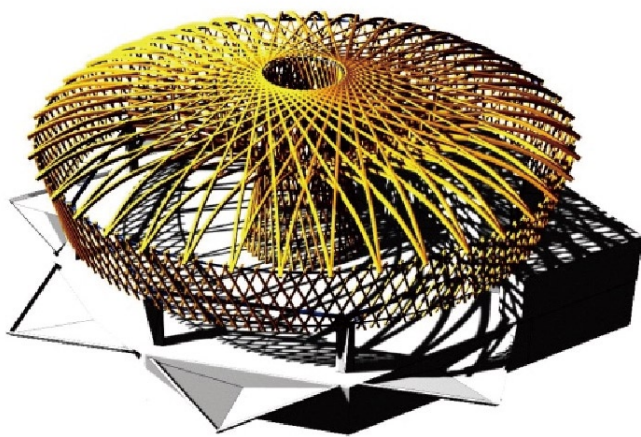


図17 構造システム

建物名称	軽井沢・プリンスショッピングプラザ レストラン アーティチョーク
所在地	長野県北佐久郡軽井沢町
建築主	コクド
設計者	柳澤孝彦+TAK建築研究所
施工者	西武建設
建物規模	建築面積 539㎡、延床面積 492㎡
	階数 地上2階
	最高高さ 9.951m
主要用途	レストラン
主要構造	木造+S造+RC造、直接基礎
竣工	2004年9月
掲載	新建築2004:09, 建築技術2009:08

9. 勝山館跡ガイダンス施設

木と鉄によるハイブリッド構造である。寄棟屋根・高床の平家となっている。全水平力を負担する無垢φ140円柱を軒レベルと床レベルの2段梁で拘束した鉄造ラーメンフレームと、木造の合掌小屋組・床組の組み合わせによって、耐震壁のない開放的な展示空間を実現している(写真24)。鉄造梁は常時・短期の応力と変形に対して有効なタイドアーチ(脚元をタイで緊結し、スラストを処理しているアーチ)とハンチ(梁・床スラブ端部の抵抗曲げモーメントや抵抗せん断力を増加させるために、その部分の断面をスパン中央の断面より大きくしたものを)を組み合わせた形状である(写真25)。屋根面と床面はダボ接合された30~60mmの厚板パネルで固め、各面剛性を確保している。

傾斜した敷地への対応、遺構の保護、開放的な展示空間の確保、日本海から吹き上げてくる強風と90cmもの積雪に耐えることなどが構造決定プロセスの上で支配的な条件となった。

鉄骨フレームにスチールでなく鉄を用いたのは、鉄の耐久性と可塑的表現の自由性に期待したからである。鉄部材の材質は延性と強度、鋳造上の条件から球状黒鉛鉄FCD400(高い伸びと衝撃強さを有し、耐熱・耐寒・耐酸性に優れる。球状黒鉛鉄の中では最も被削性と減衰能特性を持つ)に決定した。

鉄は溶接が非常に困難な材料であるとともに鋳造時の歪みが大きいことから一体の大部材の製作が難しい。従って応力と運搬・建方を見据えたユニット・ジョイント計画が必要となる。本構造では梁ユニットと柱ユニットに分け、梁ユニット同士はスパン中央でハイテンションボルトによるエンドプレート式接合、梁と柱の接合は梁ユニットに設けた直方体状キャピタルに円柱をねじ込む方法を採用した。いずれのジョイントもメタルタッチの接合となりクリアランスがとれないが、タッチ面の機械加工と柱脚治具の工夫によって精度よい組み立てができた(写真26)。

日本に存在する鉄による構造物は極めて少ないが、現在でも鋳造や製作について確かな知識と経験を持った技術者達が存在する。そのような技術者達との協同体制のもとに鉄の素材としての強度・耐久性や可塑性を生かした形態・組立など構法についてもっと研究を深めていけば、建築における鉄構造物の独自性を切り開いていけるのではないかと考える。

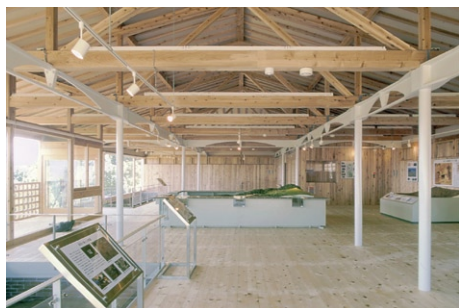


写真24 内観



写真25 外観



写真26 柱と梁ユニットの接合

建物名称	勝山館跡ガイダンス施設
所在地	北海道 上ノ国町
建築主	上ノ国町
設計者	文化財保存計画協会+広瀬研究室
施工者	大同・小林経常建設共同企業体
建物規模	建築面積 338㎡
	延べ面積 291㎡
	階数 地上1階
	最高高さ 5.99m
主要用途	博物館
主要構造	木造+鉄造、直接基礎
竣工	2004年3月
掲載	新建築2004:11
受賞	第15回松井源吾賞

10. 井深記念塾礼拝堂

直径約8mの円形平面の木造礼拝堂で、樽形状の外周壁の上に円錐形状の屋根架構が載る構成である。いずれも小径木材を放射状に隙間なく並べることによって曲面を形成し、剛性と強度を確保している。壁は90×120、屋根は90×90の十分乾燥したサワラ材を用いた(写真27)。

屋根からのスラストを処理するために壁面頂部にケーブルを廻し、樽や桶をつくるように「タガ締め」を行って、架構の一体化を図っている(写真28)。

木材半径方向の大きな乾燥収縮に伴う変形に備え、随所に楔や栓をきつく打ち込むことで部材に予圧をかけるなどの工夫を施している。



写真27 内観



写真28 タガ締めのカーブル

建物名称	井深記念塾礼拝堂
所在地	神奈川県横浜
建築主	日東光学
設計者	オークヴィレッジ木造建築研究所
施工者	オークヴィレッジ
建物規模	延べ面積 491㎡
主要構造	木造、杭基礎
竣工	2004年6月
掲載	新建築2005:07
受賞	第8回木材活用コンクール インテリア部門賞

11. 日東光学ショールーム・金子茶房

2階は構造用合板を両面貼りした木質耐力壁を長方形平面の両端に集中配置し、これを切妻屋根面構造用合板張りの水平構面で繋ぐことで、ショールーム空間の開放性を実現した。広大な全面ガラスとなる東西妻面の耐風と、屋根の鉛直支持のためにカラマツ材60×210の門型フレームを600mm間隔で配置し、屋根構面と接合している。カラマツ門型フレームは、ベースプレート上に溶接して鉛直に建てたホゾパイプとドリフトピンによって、1階RC躯体に接合している。最大5m以上になる柱長の座屈解決には、柱同士をボルトと小径木材で千鳥状に繋ぐことで座屈拘束を図った(写真29、30)。



写真29 外観



写真30 内観

建物名称	日東光学ショールーム・金子茶房
所在地	長野県諏訪市
建築主	日東光学
設計者	柳澤孝彦+TAK建築研究所
施工者	北野建設
建物規模	建築面積 383㎡ 延べ面積 196㎡
階数	地上2階
主要用途	ショールーム、喫茶店
主要構造	木造+RC造、直接基礎
竣工	2010年3月
掲載	新建築2011:1

防耐火から見た木造の可能性

木造建築物を手がける際に、防耐火に関する法規をクリアしなければならない。ここでは防耐火に関する法規の考え方について紹介する。



講師 長谷見雄二(早稲田大学)



講義日 2012年12月21日(金)



事業者 設計共同体
龍・いるか・西山 設計集団

参考文献 *1 「ここまでできる 木造建築のすすめ」、一般社団法人木を活かす建築推進協議会P29

1. 準耐火建築物と耐火建築物

1.1 準耐火建築物

準耐火建築物の基本概念は、建物は最後に燃え尽きるかもしれないが、消火活動がなくても周囲には延焼させないというものである。防火構造は外部火災による延焼防止だけを目的にしているのに対して、準耐火構造では屋内において発生する火災による構造への影響も抑制しようとしている。

(準耐火構造:通常火災による延焼を抑制するために当該建築物の部分に必要とされる準耐火性能を有する壁、柱、床その他の建築物の部分の構造)

1.2 耐火建築物

2000年に施行された建築基準法の改正により、耐火構造は性能規定が導入された。仕様規定では耐火構造は不燃材料でつくらなければならないとされていたが、要求性能を満たすことができれば材料が問われないという規定に変わったのである。

耐火建築物の考え方は、消火活動なしで火災が自然に鎮火した後も、床、柱、梁、壁、屋根等の主要構造部が自立して長期荷重を支えられるというものである。可燃材料で造られる木造では、荷重を支える部材が自然鎮火後も長期荷重を支えられる断面性能を維持できなければならない。

(耐火構造:通常火災が終了するまでの間、当該火災による建築物の倒壊および延焼を防止するために必要とされる耐火性能を有する壁、柱、床その他の建築物の部分の構造)

1.3 耐火建築物と準耐火建築物の違い

1時間耐火構造による耐火建築物は、火災が1時間続いて自然鎮火した後も自立している。1時間準耐火構造による準耐火建築物は、火災が1時間続いている間、自立していればよい。また耐火建築物は、どのような規模・階数でも建てることができ、どのような地域・どのような用途でも建てることできるが、準耐火建築物には制限がある。

2. 木造による耐火建築物の設計

木造による耐火建築物を設計する手法として、ルートA、ルートB、ルートCの3つのルートが位置づけられており、それぞれのルートについては図1の通りである。

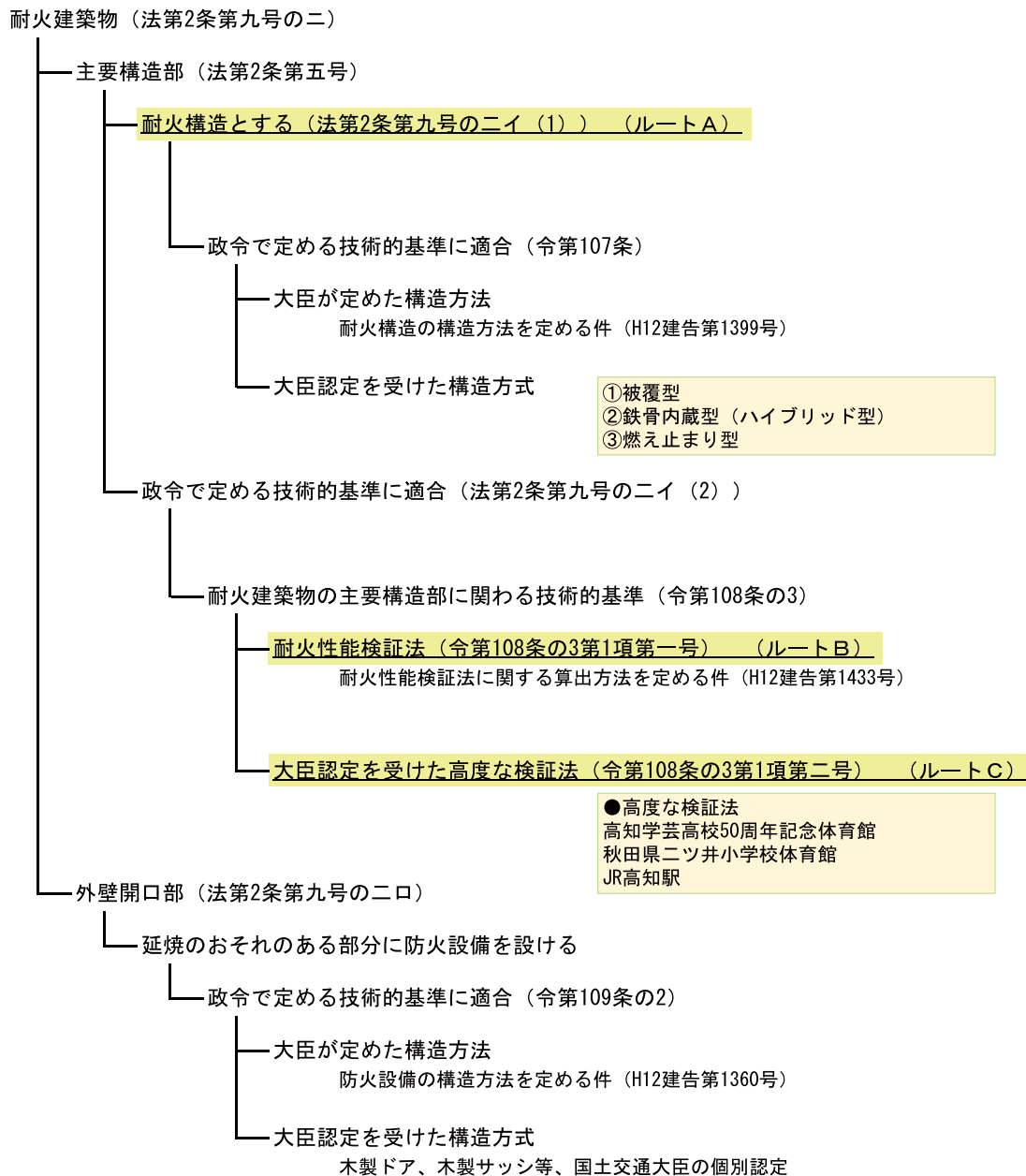


図1 耐火建築物が満足すべき技術的基準*1

3. 木質部材による耐火構造の開発(ルートA)

木造による耐火建築物が成立するためには、まず仕様規定を満たす手法がある(ルートA)。この仕様規定を利用することで、ルートBやルートCと比べ建築確認の手続き等が簡便になるなど、比較的楽に実現することができる。ただし、木造の場合には大臣認定を得る必要があり耐火構造物として認定を得るための加熱試験の条件が厳しいこともありハードルは高い。

現在ルートAで使用できる耐火構造部材として開発されているものに、被覆型・鉄骨内蔵型(ハイブリッド型)・燃え止まり型の3種類がある。各型の概要について、表1に示す。

表1 木質部材による耐火構造の種類

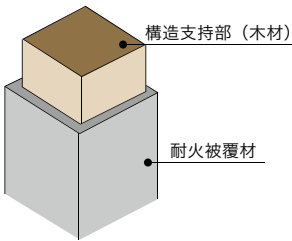
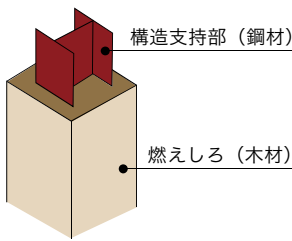
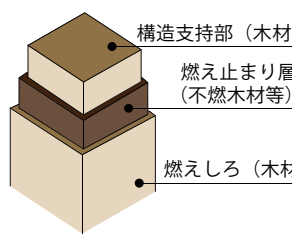
	被覆型	鉄骨内蔵型 (ハイブリッド型)	燃え止まり型
概要	 <p>構造支持部(木材) 耐火被覆材</p>	 <p>構造支持部(鋼材) 燃えしろ(木材)</p>	 <p>構造支持部(木材) 燃え止まり層 (不燃木材等) 燃えしろ(木材)</p>
	石膏ボードなど不燃材料で耐火被覆し、木材が燃焼・炭化しないようにしたもの	火災中には外周の木材が燃えしろとして燃焼するが、火災終了後には内部の鉄骨の熱容量が大きい影響で燃焼が停止する仕組みのもの	火災中は、燃えしろ部分が燃焼するが、燃え止まり層を内部に形成することにより、火災終了時には自然に鎮火する仕組みのもの
特徴	木材を被覆してしまうことにより耐火構造を実現するため、樹種が限定されない。 ただし、構造材である木材を現しにすることができない	木材を現しにすることができる	木材を現しにすることができる

表1に示すような部材による耐火建築物の普及には、様々な課題が残されている。特に、①接合部の耐火性能の確保、②耐火部材を量産するための生産ラインの整備、③部材に対する市場での需要の3つが大きな課題である。

各型における3つの課題への対応は下記の通りである。

被覆型については、上記の3つの課題がある程度解決されており、すでに実用化が進んでいる技術である(①～③の課題をクリアしている)。

鉄骨内蔵型(ハイブリッド型)については、接合部の性能について開発課題が残っているものの実作として「金沢エムビル」などで使用され建設されている(①の課題が残っている)。集成材と鋼材の組み合わせの構造であり既存の生産ラインを利用し、効率的な製造を行うことができる(②の課題をクリアしている)。しかし市場の要求に応えることができるような寸法や樹種などのバリエーションの整備が課題となっている(③の課題が残っている)。

燃え止まり型については、竹中工務店や鹿島建設など大手ゼネコンで現在建設が進められているが、一般的に用いられる工法として確立するには他のタイプよりも難しく、また生産も難しいなど課題が多い(①～③の課題が全て残っている)。

4. 木造による大空間の設計事例(ルートC)

木造による大空間型耐火建築物は、1990年代に地元産木材の利用を呼びかけがあり、建築基準法38条(特殊の建築材料又は構造方法)の認定取得によりかなりの数が建設された。2000年の建築基準法の改正で性能規定化となったことにより、38条は廃止された。ここでは、性能規定化以降の木質大空間について紹介する。

耐火建築物を設計する手法として、3.で紹介したルートA以外に、耐火性能検証法によるルートB、大臣認定を受けた高度な検証法であるルートCがある。特にルートCの考え方として、木造による大空間型耐火建築物の原理があり、下記4点が挙げられる

- ・可燃物が限定され、局所火災にしかない
- ・木質部材が床から遠く、火災時に接炎しない
- ・自然排煙に利用できる窓・天窓等があり、煙層温度があまり上がらない
- ・木質部材には着火しない。このため、燃えしろを考えずに木質部材を設計することができる

4.1 高知学芸高校50周年記念体育館(2007年竣工:ルートC)

当初鉄骨で屋根を検討していたものを木造に置き換えることになり、耐火設計を行うこととなった。局所火源による検証を行い、木造である屋根には接炎しないことで大臣認定を取得した。

耐火建築物のため、内装制限がなく壁や床、天井などの多くの範囲の内装木質化が行われた。

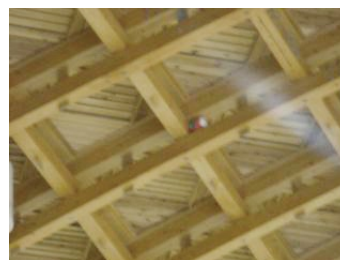


図2 高知学芸高校50周年記念体育館

4.2 秋田県二ツ井小学校体育館(2010年竣工:ルートC)

秋田県能代市二ツ井小学校の体育館では、ルートCによって耐火設計が行われた。この設計においては、地元設計者が防火の専門家に頼らず設計が進められる方式を検討した。この成果をまとめ、ルートCを実現するためのマニュアルを作成する予定である。



図3 秋田県二ツ井小学校体育館(左)と架構検討の様子(右)

4.3 JR高知駅(2008年竣工:ルートC)

JR高知駅のプラットフォーム上部の大屋根はスギ材で構成された構造体である。この屋根についてもルートCによる耐火設計を行った。ここでは、構造物に着火したとしても、燃え止まることで構造体が残るという条件で設計した。

図4に示すように、火災の発生源を停車中の列車とした条件で発生する熱量を計算し、その熱量を元にも実験を行い、熱量の計算・設計条件が適切であることを確認した。



図4 JR高知駅の火災の条件を示した模型

コラム

<木造3階建て学校の実大火災実験>

2010年6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(公共建築物等木材利用促進法)に基づき、国産材の利用促進の観点から学校等に関する防火等の基準の見直しを行うことが閣議決定された。今回対象となっている3階建ての学校を木造で建設するメリットとして、基礎工事がRC造よりも容易であること、地域産材を使用することで生徒の地域への関心を高めることができること、地域での経済効果が大いことなどが挙げられる。

実大火災実験、部材実験、教室規模実験等を実施し、木造3階建て学校に必要な火災安全性を把握することを目的とした「木造建築基準の高度化推進事業」が、早稲田大学・秋田県立大学・三井ホーム・住友林業・現代計画研究所・国土交通省国土技術政策総合研究所・建築研究所の共同研究として平成23年～平成25年の3年間行われる。

各実験等については多方面で報告されており、本報告書では詳細については控えることとする。

下記HPにこれまでの実験に関する報告があるため参照されたい。

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kasai/h23/top.htm>(国土交通省国土技術政策総合研究所のHP(実大火災実験に関する報告))

屋外の工作物や建物の外装材を対象にした 耐久性・耐候性対策

外装材として木材を利用したときに生じる劣化や腐朽についてメカニズムを理解し、現状行われている防腐処理の基礎について学ぶ。



講師 瀧内浩(株式会社コシイプレザービング)



講義日 2012年12月19日(水)



事業者 熊本県五木村

- 参考文献 *1 木材工業ハンドブック 改訂4版
*2 加圧式保存処理木材の手引き 日本木材防腐工業組合
*3 (社)日本しろあり対策協会公式コメント

木材を外装材として利用する場合、木材の耐久性・耐候性について理解しておかなければならない。そこで本項では、耐久性に関わる木材の表面劣化とその対策、特に問題となる腐朽とその対策、建築物として維持管理していくための外装における点検(診断)について整理した。

1. 表面劣化

外装材として木材を使用した場合、表面劣化の対策を講じる必要がある。表面劣化に影響する要因には、太陽光(紫外線)・雨・湿気・埃・カビ・菌・虫などがある。その要因を一次的劣化要因(気象的因子)と二次的劣化要因に分けると、一次的劣化要因(気象的因子)として、太陽光(紫外線)・気温・雨・雪・風など、二次的劣化要因として、腐朽菌・カビ・藻などの発生などによる生物的な因子、光酸化による化学的変化、空气中浮遊物による摩耗など物理的な因子がある。

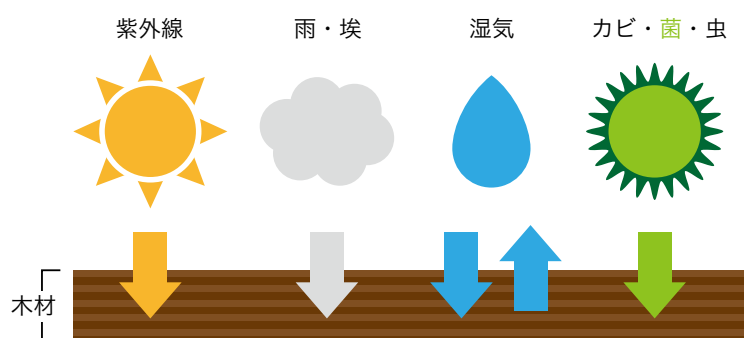


図1 木材の表面劣化に影響する要因

これらの要因により木材表面に生じる変化には、①光(紫外線)による変色②カビによる変色③腐朽菌の繁殖による変色④藻の繁殖による変色⑤鉄汚染による変色⑥風化による摩耗がある。

- ①光による変色は、木材成分のリグニンが光劣化し黄変色し、やがて灰色化する。例えば、古い新聞紙が黄変しているのは光変色が生じているからである。
- ②カビによる変色は、木材を栄養源とする特定のカビ類によって木材成分の低分子化が生じることによる表面変色である。
- ③腐朽菌の繁殖による変色は、白もしくは褐色に変化する。
- ④藻の繁殖による変色は、藻が付着し緑色に変化する。
- ⑤鉄汚染による変色は、鉄により黒色化するもので、微量の鉄イオンが木材中のタンニンあるいはフェノール性成分と反応することにより生じる。
- ⑥風化による摩耗は、早材部の目痩せに見られるような晩材部との凹凸差が生じることである。

2. 表面劣化の対策

木材の表面劣化を抑えるために木材保護を目的とした塗装が行われる。木材保護塗装を施すことで美観を保持することができ、木材の吸湿による寸法変化を抑制できることも副次的な効果である。また、デザイン上の要望から着色することが求められることもあり、それも塗装の目的の一つとなっている。

使用する塗料は、大別して浸透型保護塗料と造膜型保護塗料の2種類に分けられる。

浸透型保護塗料は、木材の表面に塗料を染みこませるタイプのもので、半透明系の色が多い。長所として、塗装が簡単であること、経年的な変色が自然な風合いであること、重ね塗りが可能であるため再塗装が簡単であることが挙げられる。短所は、性能維持期間が短いことである。

造膜型保護塗料は、材の表面に上塗りするタイプのもので、不透明色が多い。長所として、性能維持期間が長いこと、光沢のある塗膜のため意匠として見栄えがよいことが挙げられる。短所は、小さな塗膜面の損傷や欠陥により美観が低下してしまうことやメンテナンスが複雑なことが挙げられる。また、光沢のある塗膜は、設計者や設計意図によっては、嫌がられることもある。

これらを塗装した面に塗膜劣化や色あせなどの変色が発生した場合にメンテナンスが必要となる。特に劣化しやすい所は、絶えず日光にさらされる箇所、雨や雪が良くあたる箇所、水が滞留しやすい箇所、人通りが多い箇所が挙げられ、設計時の配慮やメンテナンスの際に注意した方がよい。

3. 腐朽

腐朽は、木材の劣化のうち特に注意しなければならないものである。腐朽とは、菌などの微生物によって木材の構成物が侵されることであり、人間で例えると筋肉を破壊したり骨を溶かしてしまうような恐ろしいことである。

木材腐朽菌の胞子は人間の目には見えないが、空气中に各種多数存在し、菌の生育条件が与えられたときに木材上で発芽し、菌糸を伸ばしながら木材中に侵入し生長する。菌の生育条件には、栄養分・水分・温度・酸素の4つがあり、栄養分は木材を構成する糖類、タンパク質など、水分は湿度85%~99%の高湿状態や木材の含水率28%以上など、温度は気温5~40℃の範囲、酸素は大気中への防露である。完全に水中に没している場合は、酸素をシャットアウトできるので腐らない。

木材の劣化に関与する菌類には以下の4種類がある。

細菌類：土壌・水中などに生息し木材を攻撃するが劣化にはそれほど影響はない。

カビ類：強度上の影響はないが、木材表面の汚染により変色させる。

軟腐朽菌類：土壌・水中などに生息し木材の表面から浅い部分を軟化させる。

キノコ類：子実体と呼ばれるキノコを作って木材に寄生し、激しく木材を腐らせる。

図2に木材腐朽菌の種類による木材強度の低下の度合いを示す。図中の右へいくほど、木材の強度低下に大きな影響を及ぼしており、キノコ類は最も影響を及ぼすものである。

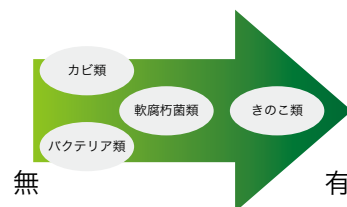


図2 木材の劣化に関与する菌類による木材強度の低下

4. 腐朽の対策

腐朽を防止する対策として、耐久性を考慮した設計と必要に応じて薬剤処理を組み合わせると効果的である。

4.1 耐久性に考慮した設計

図3中に示すように、木材を使用した設計を行う場合に注意するポイント(構造的に重要な部分、腐れやすい部分、メンテナンス困難な部分)があり、そのポイントが複合的に重なる部分について、耐久性に考慮した設計をすることが重要となる。その際に薬剤処理を施した木材を使用することも選択肢の一つであり、有効な対策を考慮する必要がある。

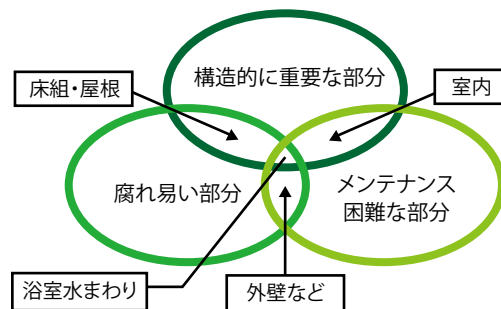


図3 木材を使用する際に注意するポイント

4.2 薬剤処理

屋外に用いられる木材は風雨にさらされるため、耐朽性大(野外で7年～8.5年の耐朽性)に区分される樹種(ヒノキなど)が用いられることが多い(表1)。しかし耐朽性は産地によって異なることや、心材の耐朽性が高いとしても辺材は耐朽性が低いため防腐処理が必要な場合がある。

薬剤処理は防腐処理のうちの一つであり、薬効により木材腐朽菌の生育機能を阻害することで木材腐朽菌の増殖防止を図るものである。

防腐処理薬剤は、吹き付け・塗布・浸せき等で木材に薬剤を浸透させる。様々な方法のうち、以下に加圧式注入処理について解説する。

表1 各樹種の心材の耐朽性(*1 木材工業ハンドブック第4版 p787より作成)

耐朽性の区分	日本材	北米, 欧州, 豪州材	熱帯産材
極大 (野外で9年以上)			ギアム, コキクサイ, パラウ, セランガンバツ, ヤカール, エボニー, ウリン, イビール, メルパウ, インツァ, ビチス, チーク, パンキライ, コムニヤン
大 (野外で7～8.5年)	ヒノキ, サワラ, ネズコ, アスナロ, ヒバ, コウヤマキ, クリ, ケヤキ, ヤマガワ, ニセアカシヤ, ホオノキ	ベイヒ, ベイヒバ, インセンシーダー, ベイスギ, センベルセコイア, ブラックウォールナット, サイプレスバイン	レンガス, レサック, ナリダ, ケラット, ホワイトメランチ, セプターバヤ, バドーク, ピンカドー, セドレラ, チュテールバンコイ, マホガニー, ボンゴシ(アソベ)
中 (野外で5～6.5年)	シラベ, カラマツ, クサマキ, イチイ, カヤ, トガサワラ, スギ, カツラ, スダジイ, クヌギ, ナラ, アラカシ, シラカシ, タブノキ	ダフリカカラマツ, ベイマツ(マウンテン), ホワイトオーク, ベカン, パターナット	カナリウム, クルイン, カプール, ブジック, ライトレッドメランチ, イエローメランチ, マラス, メンガリス, ケンバス, アルトカルプス, バカウ, スロールクラハム, カロフィルム, テラリン, メルサワ, チュテールサール, ボルネオオーク
小 (野外で3～4.5年)	モミ, アカマツ, クロマツ, イチヨウ, マカンバ, コジイ, コナラ, アベマキ, イヌエンジュ, アカガシ, イチイガシ, ヤチダモ, キハダ, ヒメシャラ	ボンデローサマツ, スラシュマツ, ストロープマツ, テーダマツ, ベイツガ, ソフトメープル, イエローバーチ, ヒッコリー, オウシュウアカマツ, ベイマツ(コースト)	アローカリア, カボック, ドリアン, ターミナリア, エリマ, アビトン, アルモン, レッドラワン, タンギール, マンガシノロ, ニュージールランドビーチ, ピンタンゴール, ゲロンガン, ジョンコン, マングローブ, マトア, タウン, カサイ, ナトー, ケレダン, ユーカリ
極小 (野外で2.5年以下)	ハリモミ, アオモリトドマツ, トドマツ, エツマツ, トガサワラ, イタヤカエデ, セン, ヤマハンノキ, ミズメ, シラカンバ, アカシテミスギ, プナ, イスノキ, トチノキ, クスノキ, シナノキ, シオジ, ドロノキ, オオバヤナギ, イイギリ, オオバボダイジュ	ベイモミ, スプルース, ラジアタバイン, アスペン, コットンウッド, アメリカシナノキ, オウシュウトウヒ	アガチス, プライ, ジェルトン, カラス, パラゴムノキ, ラブラ, アンペロイ, セルチス, キャンブノスパーマ, アルストニア, プランチョネラ, バスウッド, ロヨン, ホワイトシリス, ラミン, カナリウム, オベチエ, アルマンガ, ビヌアン, カランバヤン, チャンバカ

【加圧式注入処理】

加圧式注入処理とは、木材内の圧力と浸透させる薬液(木材保存剤)との間に高い圧力差を作り出し、薬液を圧入する処理方法である。現在世界的に最も多く採用されている処理方法で、薬液を浸透させる上で優れている処理方法である。図4に加圧式注入処理のプロセスを示す。

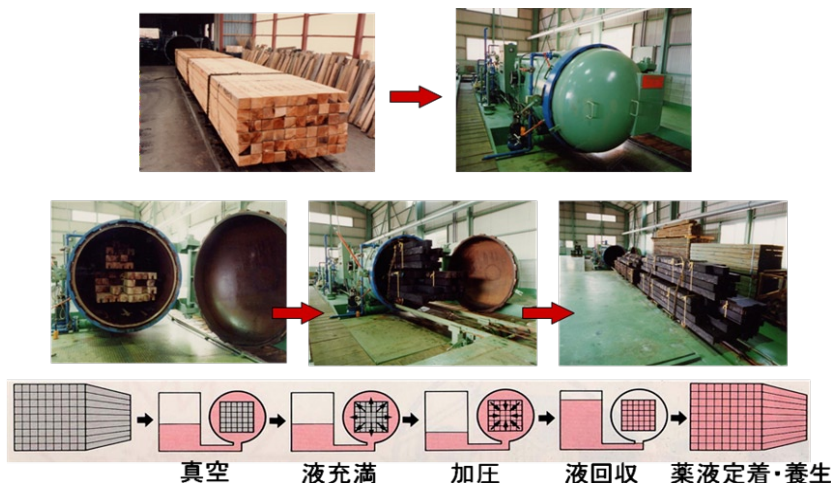


図4 加圧式注入処理のプロセス例

図5に示すように、一般の表面処理と比べ加圧式注入処理の方が深部まで浸透していることが分かる。また、土台120角の4m材での木材保存剤の浸透量の違いを示す。

耐久性は一般の表面処理は約5年^{*3}と言われており、加圧式注入処理では、海外で約50年以上の実績がある。国内では、加圧式保存処理木材の手引き^{*2}によれば12年の実績がある。

加圧式注入処理方法の規格にはJISA9002(木質材料の加圧式保存処理方法)、薬剤の規格にはJISK1570(木材保存剤)がある。また性能基準にはJAS、AQがあり、それぞれの規格に基づき品質認証が行われている。

薬剤の人体への安全性について、現在の知見では問題はない^{*2}とされている。現在使用されている薬剤の主成分は塩化ベンザルコニウムや銅化合物で、塩化ベンザルコニウムは手洗い用除菌アルコールや赤ん坊のおしりふき等で使用されており、銅化合物は食器等で用いられることもある。

5. 点検(診断)

木材の保存処理の効力には限度があるため、点検(診断)・補修が必要となる。点検(診断)手法の概要を図6に示す。

(1) 一次診断

一次診断の目的は、目視、打診、触診などの簡易な方法によって異常部位を探すことである。見た目や菌による変色をチェックすることや、触ってみた時に柔らかくなっていることなどで簡単に診断することができる。特に、1階床下、水回り、玄関、バルコニー、その他、雨掛かり部分や雨漏りの影響を受ける箇所などは腐朽が発生しやすい領域なので、重点的に調査を行う。しかし、一次診断は非破壊的に行うため、見えない場所で腐朽が進行した場合などは判定ができない。また、菌類を見つけたとしても、それが腐朽を発生させる菌(腐朽菌)なのか、あるいは腐朽を起ささない他の菌類(カビなど)であるのかを目視だけで判別できないこともある。

(2) 二次診断

二次診断は機器類を用いた診断で、欠損の状況、密度などの強度に関連する情報や含水率のデータを収集する。機器類は一般的なものではないため、診断業者に委託することになる。一次診断と同様に現場で行う診断であるが、客観的で定量性のあるデータが得られる。非破壊が原則であるが、微少な破壊を伴う機器もある。二次診断に使用される機器としては、含水率計(電気)、ピロディン(衝撃打込)、ウッドボールテスター(超音波)、レジストグラフ(穿孔抵抗)、電磁波レーダー(電磁波)などがある。

(3) 三次診断

三次診断では、一次・二次診断で腐朽の兆候あるいは腐朽菌の存在が疑われた場合、異常が見られた箇所から微小な木片や菌類の一部を採取し、検査機関において菌類の存在や種類の特定(腐朽菌か否か)、腐朽範囲の特定(二次および三次診断)、腐朽菌の生死(現在進行形か過去形か)などを調べる。



図5 薬剤の浸透の様子と薬剤の浸透量

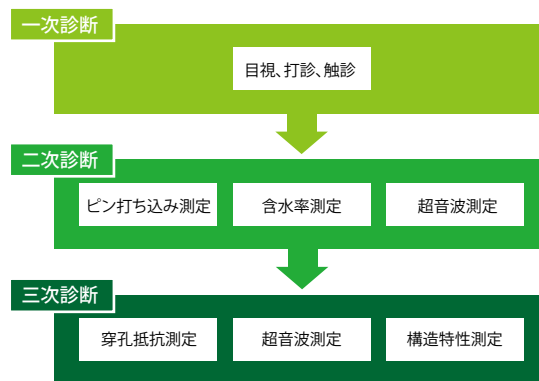


図6 木材の腐朽に対する診断手法

雨水の浸入対策

雨水の浸入を防ぐための設計計画を示す。
詳しくは参考資料*1を参照すること。



講師 齊藤宏昭(足利工業大学准教授)



講義日 2012年10月4日(木)



事業者 富山県建築設計監理協同組合

参考文献 *1 「雨仕舞のしくみ 基本と応用」石川廣三、彰国社、2004年

1. 壁面からの雨水の浸入対策

壁面からの雨水の浸入対策には、軒の出を深くし外壁への雨掛かりを少なくすること、通気工法の採用により外装材裏面に侵入した雨水を排出し、乾燥を維持することが有効である。

(1) 軒の出を深くし雨掛かりを少なくする

軒の出を深くすると外壁への雨掛かりが減り、雨水が躯体へ浸入しにくくなる。軒の出は深い方が効果が高い。軒の出が深くてもけらばが短いと建物の側面に雨掛かりが多くなる。外壁の隅角部には通し柱等、構造上主要な材が配置されているケースが多く、木部が露出する真壁造などでは軒の出に加えけらばの出も確保する方がよい。

(2) 通気工法を採用する

通気工法を採用すると外気と通気層が等圧になるため、外装材裏面への雨水侵入を防ぎ、仮に侵入したとしても通気層を通じて排出できるメリットがある。通気層が無い場合、外装材のクラック等から侵入した水分が、防水紙の釘穴やタッカー穴を經由し木部に到達する恐れがある。

2. 屋根面からの雨水の浸入対策

屋根面からの雨水の浸入対策には、野地板下面の通気層、縦棧、ホールレス工法の採用等が有効である。

(1) 野地板下面に通気層を確保する

屋根は外壁に比べ傾斜が緩いため雨水が滞留し易く、長期的には釘穴やタッカー穴等、防水層の貫通部から野地板裏面に雨水が侵入するリスクがある。ゆえに、野地板下面に通気層を確保し、侵入した水分を排出する機能をもたせる。

(2) 屋根棧は縦棧木を採用する

瓦の場合、強風時は屋根葺材と防水紙の隙間に雨水が浸入するが、横棧に瓦を留めた仕様では瓦裏面の通気を阻害するうえ、侵入した雨水の排出が困難である。瓦棧を縦に配置すれば、通気の確保に加え、防水紙表面での水の滞留を減らす事ができ、野地板裏面への雨水浸入を防止することにつながる。

ただし、多くの屋根葺き材は横棧に打つ必要があり、その場合は棧が2重に必要となるため、手間・コストが増加することに留意する。

(3) ホールレス工法を採用する

屋根面における雨水浸入のリスク低減には、防水紙に対し瓦の緊結釘やタッカー等を貫通させないホールレス工法の採用が有効である。

木造公共建築物の省エネルギーと外皮計画

「平成23年度林野庁補助事業 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援」の温熱環境①に引き続き、木造公共建築物の省エネルギーと外皮計画のポイントを示す。



講師 齊藤宏昭(足利工業大学准教授)



講義日 2012年10月4日(木)



事業者 富山県建築設計監理協同組合



講義日 2013年1月10日(木)



事業者 埼玉県川島町

1. 結露対策

断熱性能の向上に併せ、結露に対する配慮が重要である。そこで結露対策の3つのポイントを示す。

(1) 通気工法の採用

雨水の浸入と結露に起因する劣化を防ぐためには、通気工法を採用するとよい。ただし、通気層を設けても空気の流通経路が確保されていないと、水分が滞留し腐朽被害が発生するリスクがある。図面上は通気経路が確保されているようにみえても、外壁の開口部周り、屋根の棟部分などで通気経路が塞がれている場合があるため設計・施工時に注意する。バルコニーの笠木周りについては雨水侵入のリスクが非常に高いため、防水と通気措置について細心の注意を払う必要がある。

(2) 初期結露対策(乾燥材の使用)

一般に、木材の含水率が20%以下のものを乾燥材とよぶ。乾燥材の使用は初期結露防止に有効である。条件がより厳しい寒冷地では、木材の持つ水分が低温部に集中し被害を及ぼすリスクがあるため、乾燥材の使用が必須である。

(3) 防湿・気密層を連続させる

断熱性能が高い外皮に対し適切な防湿・気密措置を行わなければ、生活スタイルによっては外皮内部で冬型結露が発生し、長期的には腐朽被害に発展するリスクがある。ゆえに、内部結露防止のため平成11年省エネルギー基準で示される気密施工を行うことが望ましい。気流止めの設置については設計者が図面に記述するだけでは確実な施工が担保できないことがあり、現場の施工者に指導を徹底する必要がある。特に、RC造やS造の施工を主たる業務としている従来の公共建築物の施工者は、これらの重要性を理解していない可能性があるため、木造建築における防湿・気密施工は、断熱化の意義や木造のディテールを理解し、十分な経験を有する技術者が行うことが望ましい。ゆえに、施工者の選定については木造住宅等の施工経験に加え、一定の技術レベルを持つ技能集団とのJVを条件に入れるなどの工夫が必要である。施工時に特に注意すべき点は、以下の通りである。

① 充填断熱工法では土台から横架材まで断熱材を密実に充填する。

防湿シートを胴差し等の横架材まで張上げ、更にボードや乾燥木材で押さえることにより、防湿・気密欠損が生じないようにする。

② 断熱材に付属する防湿シートの耳は必ず間柱の室内側に設置する。

③ 間仕切り壁の上下に気流止めを設置する。ただし、床勝ちの場合は合板が気流止めとなる。

2. 気象情報を入手して通風計画を考える

立地や卓越風を配慮した通風計画を行うことで、夏期の冷房負荷の削減が可能になる。地域の卓越風に関する情報については、気象庁等のサイトからデータを入手できる(表1)。

表1 気象庁 ホームページ「過去の気象データ検索」サイト

検索ワード	"気象データ" "統計情報"
得られる情報の項目	1 降水量
	2 気温
	3 風向・風速
	4 日照時間
	5 積雪

3. 庁舎の断熱性能の考え方

庁舎等の事務所建築では住宅と比べ床面積当たりの在室者数が多く、照明やOA機器を多数使用するため内部発熱量が大きい。そのため、大型の事務所建築では暖房負荷より冷房負荷が大きいケースが多く、躯体の断熱性能を上げすぎると増エネとなるため注意を要する。しかし、庁舎など公共建築物は防災拠点(災害時の避難場所など)としての機能が求められることがあり、エネルギー供給が断たれ空調が使用できない非常時においてもある程度の温熱環境を維持できるように、基本的な断熱、遮熱及び通風性能を持たせることは重要である。また、小規模建築では外壁からの熱損失量が大規模建築に比べ増加するため、設計時に適切な断熱性能を確保するための試算をすべきである。暖冷房負荷や自然室温を確認し、省エネと同時に災害時にも対応しうる性能を確保すべきである。

地域の材料を無理なく利用するための基礎知識

地域の木材を無理なく活用するには、使用する部材のサイズや構法、使用量を決定する前に、資源状況・林産業・計画（事業スケジュール等）の情報を発注者・林産業者・設計者の3者で共有することが重要である。そこで、情報共有の項目と必要となる基礎的な知識を示す。



講師 池田元吉（熊本県林業研究指導所 研究主幹兼林産加工部長）



講義日 2013年1月16日(水)



事業者 熊本県五木村

1. 地域の木材を無理なく活用するために必要な情報

地域の木材を無理なく活用するには、使用する部材のサイズや構法、使用量を決定する前に、①資源状況・②林産業・③計画（事業スケジュール等）の情報を発注者・林産業者・設計者の3者で共有することが重要である。

林産業者に提供を求める情報は以下の2点である。

①資源の状況

素材生産量

供給可能量

森林経営計画

素材（丸太）の形状・材質（径級、曲がり、品種（生材含水率）、心材色、ヤング係数等）

②林産業の状況

域内の製材能力（製材可能な丸太形状）

乾燥材生産能力（乾燥可能な部材寸法等）

実行可能な品質管理内容（例えば、構造用製材の等級区分方法は目視か機械か）

①資源の状況については、供給量に対して搬出期間はどの程度必要か—例えば、3ヶ月間にどれだけ出材できるかといった情報提供や、出材可能な材のリストの有無もしくはリスト作成可能の是非（森林経営計画の計画表に基づく出材可能な材のリストがあると量を把握しやすい。）などを把握することが必要となる（コラム①参照）。

供給量の他、素材（丸太）の形状・材質の情報があらかじめあれば設計しやすくなる。

②林産業の状況について、中でも課題となるケースが多いのは乾燥材の生産能力である。例えば、五木村は人工乾燥ができる製材所がないため人工乾燥できる所へ持って行き持ち帰る時間が必要である。もし、前述した3者の情報共有があり、早めの実施設計により精度の高い木拾いがなされたら、材工分離発注で事前に準備し天然乾燥しておくことも可能になる。ただし、設計が十分に詰まっていない時に木拾いした場合には、設計計画の変更によるロスが多くなり費用が嵩むことになるため注意する。

コラム②に熊本木材株式会社にて五木村の資源について現地調査した事例を、コラム③に協同組合くまもと製材にて取り扱う原木のサイズや乾燥材生産能力についての調査した事例を示す。また、今後の地域材活用のための実験的な取り組みについてコラム④に示す。

2. 含水率・強度の把握

含水率(コラム⑤参照)や強度は、辺材か心材か、樹種、品種によって異なる。使用する木材の情報を収集することで乾燥コストの削減や設計に役立てることができる。

(1) 木材乾燥の必要性

・寸法安定性の向上

あらかじめ使用環境に適した含水率まで乾燥させた材を使用することで、変形を抑制する。

・生物劣化の軽減

変色菌、腐朽菌は含水率20%以下に乾燥に伴いほとんど発生しない。新たに割れが発生することが少なくなり、材内への水の浸入を抑制することで耐久性が向上する。

・木材の強度性能の向上

繊維飽和点(含水率28~30%)以下では、乾燥するほど強度性能が向上する(実大材においては1%の含水率低下に付き約1%の変化率。)(コラム⑥)。

・接合具の保持力の向上

釘、木ネジなどの保持力が向上する。

・接着力の向上

接着剤の種類により異なるが、接着に適した含水率は7~15%である。

・保温性の向上

・塗装性や加工性の向上

・軽量化

作業コストや輸送コストが軽減される。

(2) 乾燥の手法

乾燥の手法には、葉枯らし乾燥、天然乾燥、人工乾燥の他、それらを組み合わせる手法などがある。

葉枯らし乾燥は伐採地で葉を付けたまま数ヶ月放置する手法で、辺材の含水率を下げ、後に控える乾燥工程を補助する予備乾燥の意味を持つ他、重量が減ることで作業コストや輸送コストを下げる。

建築物に木材を利用するには、木材を乾燥する必要があり、乾燥方法によって乾燥にかかる日数が異なる。この日数は設計スケジュール、材料発注スケジュール、建設スケジュール、竣工スケジュールに影響するため、地域の乾燥能力等を把握し計画に組み込む必要がある。

図1に乾燥方法と乾燥日数との関係を示す。

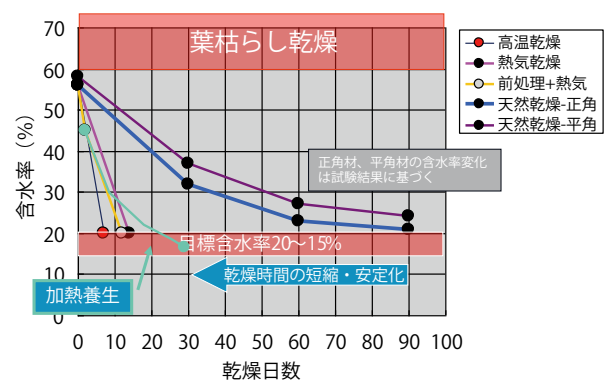


図1 乾燥方法と乾燥日数との関係

高温セット処理に引き続き高温乾燥を行えば乾燥日数は短縮できるが、過乾燥となる材で内部割れが発生する危険がある。内部割れは部材強度や接合性能の低下が懸念された。

そこで、内部割れを発生させない乾燥方法が様々に検討されている。

その一つに新産住拓株式会社のように半年から2年程度をかけて行う完全な天然乾燥がある(コラム⑦・⑧参照)。そこまでの長期間でなくとも90日程度の天然乾燥の場合でも25%以下(20%強)にすることが可能であり内部割れはない。

人工乾燥でも、高温セット処理+中温乾燥で内部割れを最小限にとどめることが分かってきており、組み合わせ乾燥が期待されている。

その他の取り組み例として、構造材を高温セット処理＋養生、板類を天然乾燥（養生）＋中・低温乾燥、スギ心持ち製材では蒸煮減圧処理を前処理とした組み合わせ乾燥の事例もある。蒸煮減圧処理とは、120度で蒸した後、減圧することで低い温度で材内部の水を沸騰させて随から水を抜く処理である。

また、芦北町立佐敷小学校（平成19年竣工）では丸太材を利用したいという要望があり、長さ12mの丸太に径60mmの貫通穴をあけて乾燥する手法を採用した。

(3) 辺材と心材

・含水率の違い

木材乾燥では心材の含水率が乾燥性を左右する。針葉樹では辺材と心材の含水率が異なり、辺材の含水率はいずれの樹種でも高く、心材の含水率は樹種により様々である（表1）。スギの心材の含水率は品種によって大きく異なり、品質の揃った乾燥材の生産には工夫が必要である。

・ヤング係数の違い

随よりも樹皮側の方が強い傾向がある。例えば集成材のラミナを採材する場合、同じ材でも採る位置によってヤング係数の違いが生まれる。

表1 樹種によって異なる含水率(%)

樹種	辺材	心材
ヒノキ	80～120	40～45
スギ	120～200	50～150
ベイマツ	120～150	30～45

(4) 樹種

同じ強度等級区分・含水率のスギとベイマツの平角材のたわみ量の変化を調べたところスギはベイマツよりもたわみが少ないことがわかった（図2）。

図3に全国のスギ材の曲げヤング係数の分布を示す。機械等級区分では動的ヤング係数（打撃法等の試験）は静的ヤング係数（载荷による試験）と相関性が高く、目視等級では平均年輪幅と静的ヤング係数の相関性が低いことがわかる。比較的簡易に測定できる打撃法によるヤング係数の測定を行うことはおよそのヤング係数を把握するのに有効である。

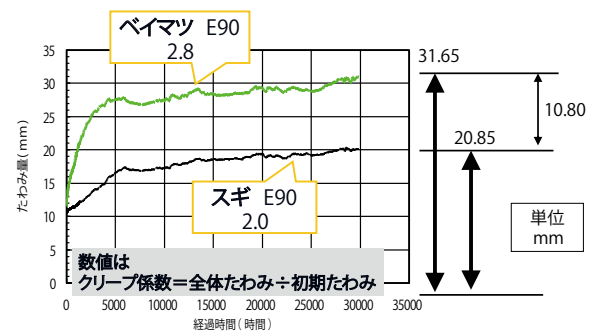


図2 ベイマツとスギの曲げクリープ試験

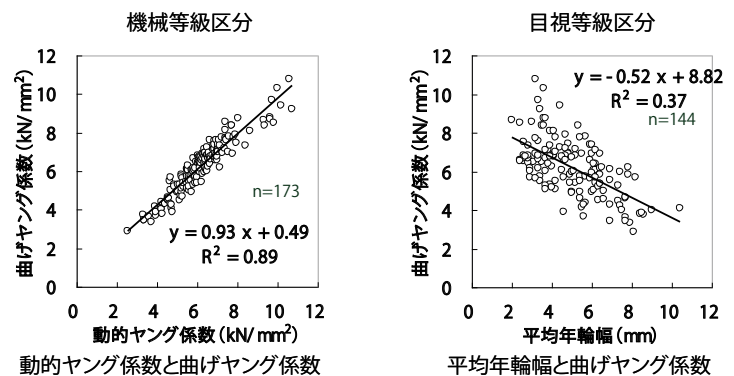


図3 全国のスギ材の曲げヤング係数

(5) 品種

・含水率の違い

スギの品種情報を利用すれば乾燥効率を高めることができる。例えば、アヤスギ、ホンスギ、アカバは含水率が低く、バラツキが小さい(図4)ことから、他品種よりも乾燥時間が少なく済む。様々な品種が混じっていると乾燥時間が想定しにくく乾燥時間も長くなりがちで効率が悪くなる。

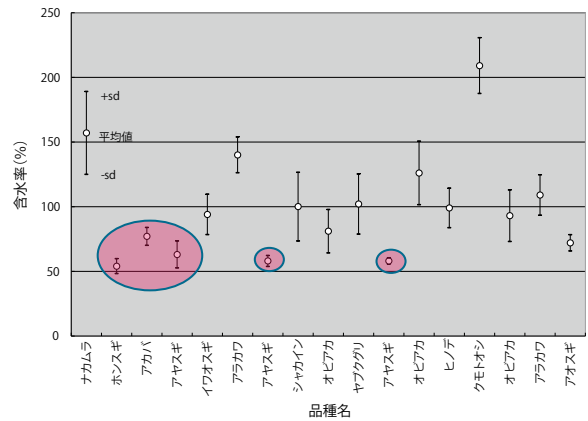


図4 乾燥方法と乾燥日数との関係
林野庁、システム化事業「主なスギ品種の材質特性の評価」、平成3年度～5年度

・ヤング係数の違い

同じ樹種でも品種によってヤング係数が異なる。表2は、熊本県林業研究指導所で得られたスギの品種毎のヤング係数(kgf/cm²)である。

表2 品種毎のヤング係数

品種名	丸太		正角材	
	平均値	標準偏差 (乾燥材)	平均値	標準偏差 (乾燥材(モルター加工済み))
ヤブクグリ	46.5	13.2	31.4	11.4
ヒノデ	69.1	5.1	40.9	7.2
アヤスギ	63.9	8.3	49.8	18.5
アラカワ	55.9	8.8	49.9	12.6
ホンスギ	63.4	5.6	50.7	7.2
イワオスギ	65.7	9.3	53.8	10.5
アオスギ	71.5	5.6	54.2	7.7
オビアカ	65.9	10.2	56.9	21.8
クモトオシ	59.3	6.0	59.0	9.6
ナカムラ	76.8	7.2	59.6	11.0
アカバ	73.4	9.4	69.9	13.0
シャカイン	80.3	5.6	87.3	5.5

コラム 1

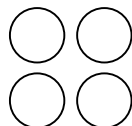
必要となる丸太の量の目安

製材で1,000m³必要な場合、歩留まりを考えると必要な製材量の2倍～2.5倍の丸太が必要となる。市場に持ち込まれる丸太は径級が不揃いであり(写真1)、選別する丸太の量の2倍～2.5倍必要となる。そのため、1,000m³の製材が必要な場合は、市場に4,000m³～6,000m³の量が集材されていなければならないことになる(図1)。

製材
1倍
1,000m³



選別した丸太
製材の2～2.5倍
2,000m³～2,500m³



伐採する丸太
選別する丸太の2～2.5倍
4,000m³～6,000m³

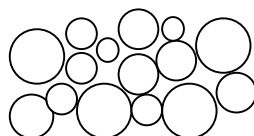


写真1 熊本木材に持ち込まれた原木

資源の状況把握事例1

熊本木材株式会社 上球磨支店(以降熊本木材と記す。)にて五木村の資源について、現地調査した。

熊本木材は、40年生～50年生までを中心に、銘木なども取り扱っており、年間の取り扱い量の目標は90,000～100,000m³である。定例市が毎月4日と19日にあり、4,000m³/回出荷している。

自動選別機(後述)を2機所有している。原木の入荷後1ヶ月程度で選別等を行い定例市に出す。土場には常時3,000～4,000m³の在庫がある。

1.五木村の材の入荷について

五木村から入る材は、全体の25%を占めており、スギ約7割、ヒノキ約3割である。品種は綾系・飢肥系・地杉系が多い。

トレーサビリティを確保するために製材所と設計者との協力体制があれば、指定の製材所に五木村産材に限定して納品することが可能である。

過去に地域材(球磨材)を納材したことがあり地域材の分別に問題はない。



写真1 五木村からの納材であることが山積み中央に記された名前で分かる

2.価格設定について

熊本木材の集材する地域圏内に、林野庁の「新生産システム推進対策事業」の熊本モデル地域の参加事業者である協同組合くまもと製材(以降くまもと製材と記す。)がある。そのくまもと製材と、合板を製作する新栄合板工業株式会社によって原木の購入価格が設定されている。4m材はある程度の底値を新栄合板工業株式会社が支えている。3m材は底値がない。このくまもと製材はφ24cm～φ34cmの取り扱い量が多く、それに外れた寸法の丸太が熊本木材に入ってくる傾向がある。熊本木材が出荷した材をくまもと製材が加工して現場に納品することもある。

最近の価格は、ヒノキが約¥14,000/m³前後、スギは¥10,000/m³前後である。山元還元と言うが、今の材の価格では山にお金が残らない。需要がないと売れないため、需要確保が一番である。

3.選別項目や手法

自動選別機は、以下の点で選別し、24に振り分ける。

- ・径級
- ・直材
- ・曲がり(やや曲がり・大曲がり)
- ・A-Cランク(A-Cのランクは丸太を主に曲がりなどの形状と用途によって分類する場合の通称で、A材:製材用、B材:集成材や合板用、C材:チップや木質ボードをいう。)
- ・黒
- ・キズ



写真2 自動選別機(丸太を送る部分)



写真3 自動選別機(投入口)

搬入された丸太は、共販前に自動選別機で検取している。季節によって皮の厚さが異なるためその点を考慮して検取する。

なお、末口30cm以上の大径級は人力・パワーショベル・ログローダー(グラップル)で選別する。今後、伐期が来て大径級が増えてくると自動選別機が使えない丸太も増えてくる。最近では梁桁材等に小径のものを使用したり、集成材にも使用するため、大きい丸太の用途が少なくなっている。



写真4 自動選別機(24ポケット)

4.材の長さ

長い材は10mのものがある。たまに12mの材の発注があるが、10m以上になるとトレーラーでしか運搬できない。加えて、製材所は8mまでは機械で扱えるため、8m以下の取り扱いが主となる。

3m材は直材になる割合が高いが、直材であれば市場では4m材の方が用途が多く、高く売れるため、取り扱い量が多い。最初の玉伐りの際の判断が必要である。判断に際し、山元で木を見て3mか4mかどちらにしたらいいかを熊本木材がアドバイスする。森林組合の場合は担当者で相談し、個人の林家の方には半日程度かけて指導する。

コラム 3

資源の状況把握事例2

くまもと製材にて、地域内の製材能力(製材可能な丸太形状)や乾燥材生産能力について調査した。

くまもと製材は、前出したように林野庁の「新生産システム推進対策事業」の熊本モデル地域の参加事業体で、当事業によって平成20年に設立された。熊本モデル地域は、国内有数の集成材メーカーである銘建工業(株)(岡山県真庭市)と熊本県森林組合連合会を中心に24の事業体からなっている。

- 乾燥機: 150m³ × 16基(中温乾燥)
- 生産品目: KD間柱、ラミナ、胴縁、板類など
- 加工機の種類: ツインバンドソー2基、モルダーライン、小割ライン、幅はぎラインなど
- 原木消費量: 107,536m³(平成23年度)
- 製材生産量: 45,437m³(平成23年度)

1.五木村の材の選別加工

合法木材・SGEC認証を保有しており、要請があれば五木村産の材を他材と仕分けする事は可能である。

2.取り扱う原木の概要

原木の入荷価格は四半期毎に熊本モデル地域の理事会で決定している。長さ3m・4m、径24cm以上の中目材を中心に取り扱っているが、設備能力としては末口(カミ)18cm・元口50cm以下、3~4mを扱うことができる。3m材と4m材の取り扱う割合は8:2である。今後6:4の割合にしていきたいと考えている。

3.製材加工の割合

間柱とラミナの生産割合は6:4で間柱が多い(平成23年4月~平成24年3月累計実績)。目標は4:6である。円高により輸入材のコストが低下し販売価格の低迷が著しく少しでも採算性が良好な間柱の生産比率が多くなっている。大断面用のラミナも製材できる。



写真1 土場に積まれた原木



写真2 自動皮剥機



写真3 1基150mの乾燥機

コラム 4

今後の地域材活用のための実験的な取り組み

芦北木材共販所の中丸太(平角材が木取り可能な丸太:スギ4m、直材、径24-30cm)の10年間の価格の動向をみると、平成20年あたりから高値と底値の差が小さい傾向が見られる(図1)。

以前に行った実証実験では、強度的に横架材に向けた乾燥しやすい材を選別したところ材価が上がった(図2)。熊本県南部の原木市場で心材色区分を行った際の材価の差は約2,000円程度である(図3)。材質を選別することで材価が上がり山への還元額が大きくなる事が期待される。熊本木材では形状選別を行っていた。今後はそれに加えてヤング率、含水率の情報があれば材価を上げることが可能になるのではないだろうか。

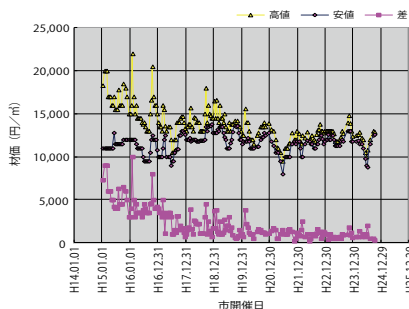


図1 芦北木材共販所の中丸太の10年間の価格の動向



図2 原木市場にて強度による選別を行った例

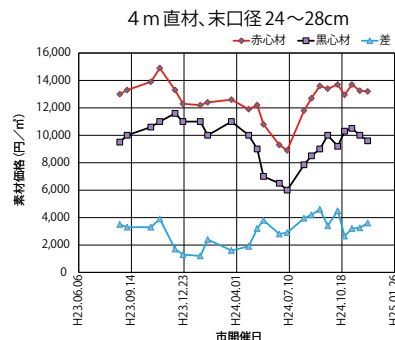


図3 心材色で異なる丸太価格

含水率とは

含水率とは、木材に含まれる水分を100℃で乾かした全乾時の木材重量を1と考えた場合に、木材に含まれる水分のみの割合をいう(図1)。いわゆる人体の水分割合などは、全重量を1と考えた場合の割合になるため100%を超えることはないが、含水率は100%を超えることがある。

立木を倒したばかりの材(生材)は含水率が100%を超える場合があり、葉枯らし乾燥を行うと60%程度まで下がる。木材に含まれる水分は、通常の水である自由水と細胞内に取り込まれた結合水に区別され、自由水がなくなった状態が繊維飽和点(含水率約30%)である。繊維飽和点以下では乾き具合に応じて材の収縮が始まり、変形・強度性能の変化がみられる。平衡含水率は、ある温度、湿度のもとで含水率の変化がなくなった時の含水率で、国内の屋外での年平均平衡含水率は約15%である。この状態の材は気乾材と呼ばれ、年間を通しての寸法変化が小さい。

含水率変化を製材重量変化でみると、スギ心持ち 120mm×120mm×3mの場合、含水率120%で34kgの重量があったスギが、含水率15%になると18kgの重量になる(図2)。(全乾重量を360kg/m³と仮定する。)

$$u = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 (\%)$$

u: 含水率(%)

W_u: 水分を含んだ木材の重量

W_o: 全乾時の木材重量

$$u = \frac{34.3 - 15.6}{15.6} \times 100 (\%) = 120 (\%)$$

図1 含水率のイメージ

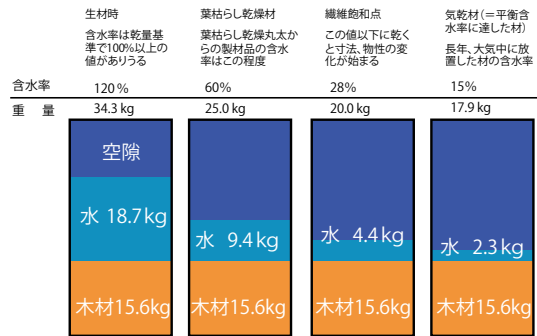


図2 含水率変化と重量変化

乾燥・加工による部材性能の変化

図1を見ると製材後のヤング係数は6.3kN/mm²だったのが、乾燥後には7.1kN/mm²に高くなっている。なお、モルダー(仕上げ加工)掛けによりヤング係数の高い皮側の部分を削るためヤング係数が下がる。

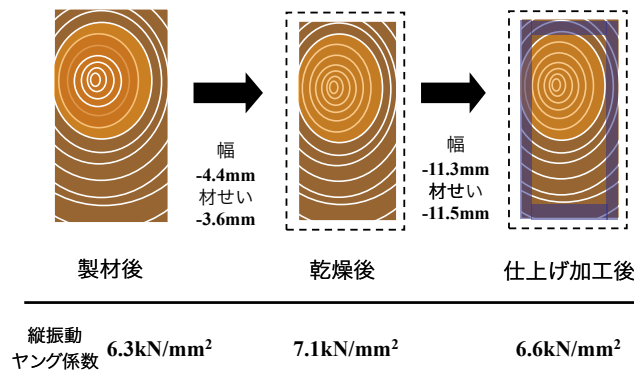


図1 加工段階での寸法とヤング係数の変化

コラム 7

多良木プレカット協同組合(新産住拓株式会社)の取り組み

多良木プレカット協同組合は、新産住拓株式会社を中心とするグループ会社5社で設立され、年間約240棟分の住宅用構造材や羽柄材等を出荷している。製材を数年間(0.5年~2.5年)ストックしつつ天然乾燥し、新産グループが受注した住宅用にモルダー仕上げ、継ぎ手・仕口加工、羽柄材加工、防腐・防蟻加工(薬剤処理)などを行い棟別に梱包して発送するのが特徴である。

多良木プレカット協同組合が原木発注し、国有林・民有林の入札による購入、または市場で仕入れ、製材所(尾方製材等)にて製材し、納品してもらい、その天然乾燥用の土場に積み積みする。原木発注時には50年生で秋伐り、葉枯らし乾燥にてオーダーする。

多良木プレカット協同組合の天然乾燥による寸法変化は一般的な乾燥による寸法変化よりも小さくなる。最終的な設計寸法が300角の場合は、310~315mm角で入荷する。原木発注する際や製材所の納品寸法には注意する必要がある。ほぞの長さは、1階は下120mm、上90mm。2階は上下とも90mmである(言うまでもないが、材の長さは継ぎ手・仕口分を見込んで発注する必要があり、構法と関連するため発注時に注意する。)

乾燥中の製材の木口にはどこから運ばれたものかを識別する名札と寸法メモが貼り付けられている。多良木プレカット協同組合及び新産グループ会社はSGEC認定事業体であり、認証材と一般製材とを分別する必要がある。識別用の名札など以外にも、バンド(積み積みされた一塊の製材をバンドで縛る。)の色を分け(認証材を緑色とする。)混在しないように工夫している。加工中にも邸別の情報が材等に印字されるもしくはラベルが貼られるまでは、名札やバンドで識別している。

天然乾燥のおよその期間は、梁2年、柱1.5年、羽柄材0.5年である。天然乾燥用の土場(貯木場)は約4万㎡(3,000坪×4カ所(内1カ所は認証材のみ))で、土場の管理担当者は1名である。

継ぎ手・仕口加工は2012年より全自動プレカット加工機を導入し内製化した。ただし、180mm角を超える大黒柱のような柱材は手加工を行う。その場合の継ぎ手・仕口は伝統的なものではなく機械に合わせた形状とする。



写真1 天然乾燥用の土場



写真2 多良木プレカット協同組合に搬入された天然乾燥材



写真3 モルダー掛け後仕口加工前(乾燥時の名札付き)



写真4 仕口加工した材に邸別のラベル



写真5 邸別梱包とラベル表示

コラム 8

2.5年間天然乾燥した木材の含水率の調査

新産住拓株式会社の2.5年天然乾燥したスギ心持ち250mm×250mm(大黒柱)の含水率の状態を調査したところ、内部約17%、外周部約15%で太い材でも天然乾燥で十分に乾燥していたことがわかった。

製材時期:2006年2月15日
 含水率測定:2008年8月4日
 製材断面寸法:250×250mm
 仕上げ断面寸法:240×240mm
 長さ:8.5m

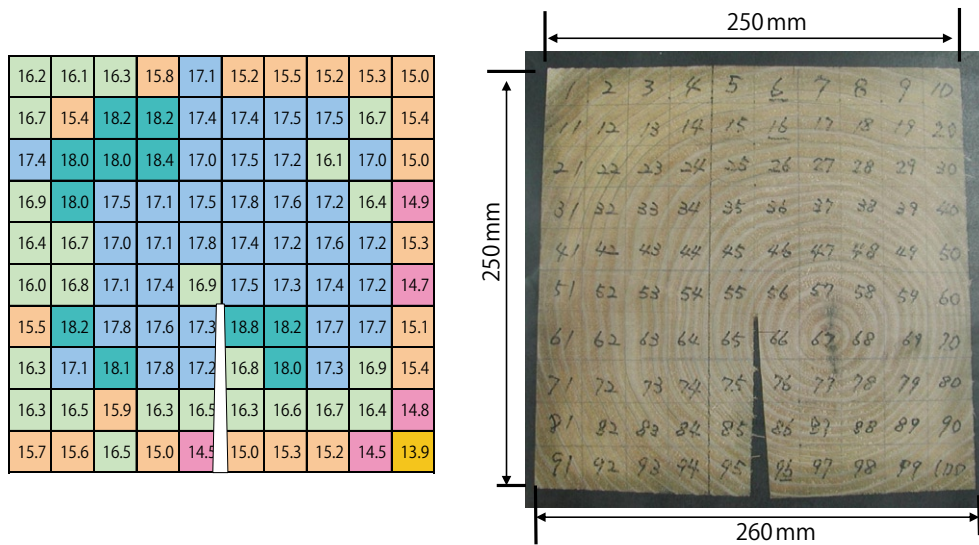


図5 製材から2年5ヶ月間屋内天然乾燥したスギ心持ち大黒柱の含水率状況

材工分離発注の手法

山形県鶴岡市では、行政が中心となって木材の分離発注に取り組み、地域材を用いた公共建築物の木造化・内装木質化を推進してきた。その事例とプロセスについては、「平成23年度 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援報告書 第3章性能別講義録」(pp99～101)で紹介した。ここでは、木材の発注に関わる各種帳票と、木材調達における行政の関わり方について紹介する。



講師 渡会悟 (鶴岡市建築課)



講義日 2012年12月26日(水)



事業者 宮崎県小林市

1. 木材の材工分離発注にあたり準備する書類とその内容

鶴岡市では、平成10年頃から地域材を利用した内外装の木質化や大規模建築物の木造化が進められてきた。これらの取り組みについては、「平成23年度 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援報告書 第3章性能別講義録」にまとめている(pp99～101)。

鶴岡市では材工分離発注を行う場合に事業が円滑に進むよう、

- ①木材調書
- ②木材購入仕様書
- ③支給材料引渡請求書
- ④支給材料引渡書
- ⑤納品依頼書
- ⑥物品納入通知書
- ⑦検査調書

といった書類を準備している。

図1に建設事業の関係者とそれぞれの書類の動きについて示す。

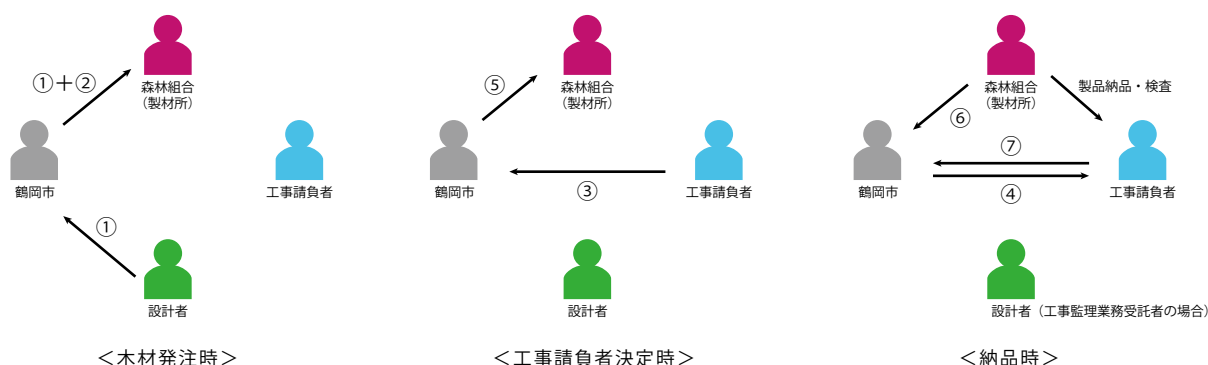


図1 各事業段階における書類の動き

以下にそれぞれの書類について解説する。

鶴岡市立#####改築工事木材購入仕様書

1. 納入木材の規格・数量

No.	種別	樹種	規格	数量 (m ³)	備 考
1	構造材	ツガ	土台 正角材 一等材(防蟻処理材)	8.87m ³	別添木材調書
2	構造材	杉(鶴岡産)	軸組 正角(5・6寸角) 一等材	69.20m ³	別添木材調書
3	構造材	杉(鶴岡産)	軸組 平割 一等材	2.63m ³	別添木材調書
4	構造材	杉(鶴岡産)	梁 正角(5・6寸角) 一等材	28.08m ³	別添木材調書
5	構造材	杉(鶴岡産)	梁 平角(5寸×~1尺8寸) 一等材	41.49m ³	別添木材調書
6	構造材	杉(鶴岡産)	小屋材 平角	71.96m ³	別添木材調書
7	構造材	杉(鶴岡産)	軸組 丸太(末口 360φ) L=4.58m	7本	
8	構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3650x47x242	49.82m ³	
9	構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3650x47x222	53.32m ³	
10	構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3650x47x202	24.26m ³	
11	構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3650x47x172	205.07m ³	
12	構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3650x47x142	10.96m ³	

2. 木材の納入場所

- ・ 上記No.1~7の材料.....#####工事現場
- ・ 上記No.8~12の材料.....製材所

3. 納付期限

平成20年8月31日
ただし、「鶴岡市立#####改築工事」工程にあわせて工事請負業者と協議のうえ平成20年4月10日以降から納入する納付期限の間で調整するものとし、上記を最終納付期限とする。

4. 品質

- ・ 「1. 木材の規格・数量」に示した納入規格の他、木材の含水率についてはラミナ材を除き国土交通省大臣官房営繕部監修「公共建築工事標準仕様書(建築工事編)」(平成19年版)12章木工事に示すA種とする。

5. 検査

- ・ 検査は、製材場所で行う。
- ・ 検査は、「鶴岡市立#####改築工事」の市監督職員または同工事監理業務受託者が同工事請負業者またはその代理人の立会で行う。
- ・ 検査は、自視・検尺・含水率について行う。
- ・ 検査において不合格となった材料については、乙は速やかに代替の材料を手配し再度検査を受けること。
- ・ 構造材については全数検査、その他材料については抜き取り検査とする。
- ・ 製材場所での抜き取り検査に合格したロットの材料であっても、その後現場施工時等に指定した品質に満たないことが判明した材料については、不合格品として 乙は速やかに代替の材料を手配し再度検査を受けること。
- ・ 検査に必要な費用は、乙の負担とする。

6. かし担保

- ・ この契約により納入された材料に起因して生じた建物のかしについては、同工事請負業者と連帯し保証するものとし、工事施工業者と協議のうえ修補に必要な木材を工事請負業者に無償で支給することとする。

7. 数量等の変更

- ・ 設計図書の変更または積算上の不備により増減した木材数量については、当初契約単価に基づき変更契約を行う。
- ・ 施工上の都合により積算基準を超えて不足した木材については、同工事請負業者の負担で調達することとする。

8. その他

- ・ 「鶴岡産」と指定された材料については、製材に使用した木を産出した森林の所有者との売り渡しを明示した書類を添付した「産地証明書」提出すること。
- ・ 前金払は行わない。
- ・ 部分払については、「鶴岡市契約に関する規則」第7条を適用する。但し、支払いは1ヶ月に1度を限度とする。
- ・ 本仕様書記載事項以外については、「鶴岡市契約に関する規則」による。

以上

図3 木材購入仕様書

③ 支給材料引渡請求書

支給材料引渡請求書は、工事請負者から鶴岡市へ提出する書類であり、鶴岡市から支給される木材について、引渡希望日、引渡場所、引渡請求材料(鶴岡市が支給する材料)を明記したものである。

④ 支給材料引渡書

支給材料引渡書は、材料の引渡後に鶴岡市から工事請負者へ提出する書類であり、これにより材料の引渡が完了したことを確認する。

平成 年 月 日

支給材料引渡請求書

鶴岡市長 ○○○○ 様

請求者(工事請負者) ***** 特定建設工事共同企業体
代表者 株式会社 □□□□
代表取締役 △△△△ 様
現場代理人 ▼▼▼▼ 様

鶴岡市立#####新築工事に使用する設計図書記載の下記支給材料の引渡を請求いたします。

記

1 引渡希望日 平成 年 月 日

2 引渡場所

3 引渡請求支給材料

種別	樹種	規格	数量	備 考
構造材	ツガ	土台 正角材 一等材(防蟻処理材)	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	軸組 正角(5・6寸角) 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	軸組 正割 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	梁 正角(5・6寸角) 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	梁 平角(5寸×~1尺8寸) 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	小屋材 平角	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	軸組 丸太(末口360φ) L=4.58m	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x242	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x222	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x202	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x172	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x142	本	

平成 年 月 日

支給材料引渡書

***** 特定建設工事共同企業体
代表者 株式会社 □□□□
代表取締役 △△△△ 様
現場代理人 ▼▼▼▼ 様

鶴岡市長 ○○○○ 様
(担当:建築主査 ▼▼▼▼ 様)

鶴岡市立#####新築工事に使用する設計図書記載の下記支給材料を引渡しします。

記

1 引渡日 平成 年 月 日

2 引渡場所

3 引渡支給材料

種別	樹種	規格	数量	備 考
構造材	ツガ	土台 正角材 一等材(防蟻処理材)	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	軸組 正角(5・6寸角) 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	軸組 正割 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	梁 正角(5・6寸角) 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	梁 平角(5寸×~1尺8寸) 一等材	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	小屋材 平角	m ³	別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産)	軸組 丸太(末口360φ) L=4.58m	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x242	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x222	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x202	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x172	本	
構造材	杉(鶴岡産)	ラミナ材 GR 3640x47x142	本	

平成 年 月 日

鶴岡市長 ○○○○ 様

受領者(工事請負者)
***** 特定建設工事共同企業体
代表者 株式会社 □□□□
代表取締役 △△△△ 様
現場代理人 ▼▼▼▼ 様

鶴岡市立#####新築工事に使用する設計図書記載の上記支給材料を受領いたしました

図4 支給材料引渡請求書(左)と支給材料引渡書(右)

⑤ 納品依頼書

納品依頼書は、鶴岡市から森林組合（製材所）へ提出される書類であり、発注した木材を施工現場へ納入するために日程・場所・納品する材料の内訳について明記したものである。

⑥ 物品納入通知書

物品納入通知書は、⑦検査調書作成後に森林組合（製材所）から鶴岡市へ提出される書類であり、施工現場への納入完了を鶴岡市へ知らせるものである。

平成 年 月 日

納品依頼書

●●●森林組合
代表理事組合長 ■■■ 様

鶴岡市長 ○○○○ 様
(担当: 建築主査 ▼ ▼ ▼ 印)

平成19年1月7日に締結した物品供給契約に基づき、下記より供給物品の納品を依頼いたします。

記

1 納品希望日 平成 年 月 日

2 納品場所

3 納品依頼内訳

種別	樹種	規格	数量	摘要
構造材	ツガ	土台 正角材 一等材(別添品理材)	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	軸組 正角(5・6寸) 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	軸組 正割 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	梁 正角(5・6寸) 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	梁 平角(5寸~1尺8寸) 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	小室材 平角 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	軸組 丸太(末口360φ) L=4500	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x47x242	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	3640x47x222	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x47x202	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x47x142	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x42x142	本	

平成 年 月 日

物品納入通知書

鶴岡市長 ○○○○ 様

●●●森林組合
代表理事組合長 ■■■ 様

下記の商品を納入しましたので通知します。

記

品名・規格	木材(鶴岡産杉材等)	回目納入分
構造材	ツガ 土台 正角材 一等材(別添品理材)	m3 別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産) 軸組 正角(5・6寸) 一等材	m3 別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産) 軸組 正割 一等材	m3 別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産) 梁 正角(5・6寸) 一等材	m3 別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産) 梁 平角(5寸~1尺8寸) 一等材	m3 別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産) 小室材 平角 一等材	m3 別添木材調書
構造材	杉(鶴岡産) 軸組 丸太(末口360φ) L=4500	本
構造材	杉(鶴岡産) ナミ材GR 3640x47x242	本
構造材	杉(鶴岡産) 3640x47x222	本
構造材	杉(鶴岡産) ナミ材GR 3640x47x202	本
構造材	杉(鶴岡産) ナミ材GR 3640x47x142	本
構造材	杉(鶴岡産) ナミ材GR 3640x42x142	本

契約年月日 平成 年 月 日

契約金額

納入年月日 平成 年 月 日

検収年月日 平成 年 月 日

検査場所

摘要

図5 納品依頼書(左)と物品納入通知書(右)

⑦ 検査調書

検査調書は、市監督職員または工事監理業務受託者が、工事請負業者またはその代理人が立ち会った上で行った検査の結果を示す書類である。この書類は、現場に木材を納入する前に作成し、工事請負者はこの書類で材料品質を確認することとなる。

平成 年 月 日

検査調書

鶴岡市長 ○○○○ 様

検査職員職氏名 建築主査 印
立会職員職氏名 用度係長 印

下記のとおり検査しましたので報告いたします。

記

件名	木材(鶴岡産杉材等)の購入 (回目納入分)
契約年月日	平成 年 月 日
契約金額	
納期	平成 20年 8月 30日
納入年月日	平成 年 月 日
検収年月日	平成 年 月 日
納入木材内訳	

種別	樹種	規格	数量	摘要
構造材	ツガ	土台 正角材 一等材(別添品理材)	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	軸組 正角(5・6寸) 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	軸組 正割 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	梁 正角(5・6寸) 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	梁 平角(5寸~1尺8寸) 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	小室材 平角 一等材	m3	別添木材調書
構造材	杉 (鶴岡産)	軸組 丸太(末口360φ) L=4500	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x47x242	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	3640x47x222	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x47x202	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x47x142	本	
構造材	杉 (鶴岡産)	ナミ材GR 3640x42x142	本	

納入者 鶴岡市大岩川字木場8
●●●森林組合 代表理事組合長 ■■■ 様

検査場所

検査の状況

図6 検査調書

2. 材工分離発注における行政の関わり方

材工分離発注において、行政はどの段階でどのように木材流通に関わっているのか、またどの部分について分離発注を行っているのか、図7に示す。

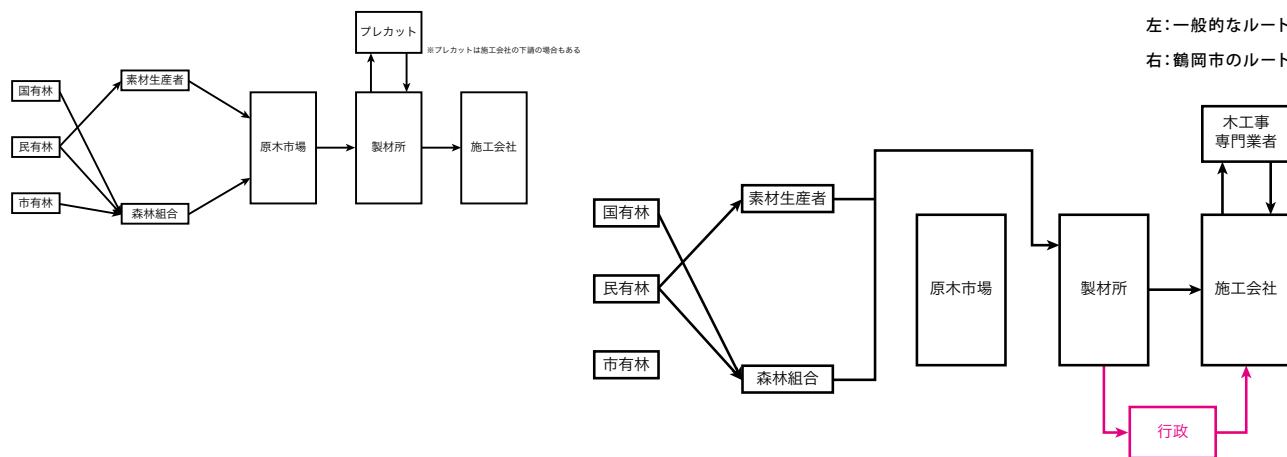


図7 木材が納入されるルート

鶴岡市でこれまで公共建築物の木造化や内装木質化に取り組んだ事例において、伐採された木材が施工会社（現場）に納入されるルートを図7右に示す。鶴岡市では、行政が製材所に発注を行い、施工会社へ納入する。地域材（鶴岡市産材）利用を条件としており、伐採許可証・伐採届などを元に地域産材であることを確認している。

行政が関わっている朱色の矢印は、実際の木材の物流ではなく契約上の商流を示している。鶴岡市の場合、地域の木材の活用と共に「地域の技能者（大工等）」の活用、「技能の伝承」も木造化に取り組む目的の一つであることから、手刻みでの加工を工事施工者に依頼している。他の地域では、製材所とプレカットメーカーが連携し加工を行い、その材を現場へ納入するケースが多い。

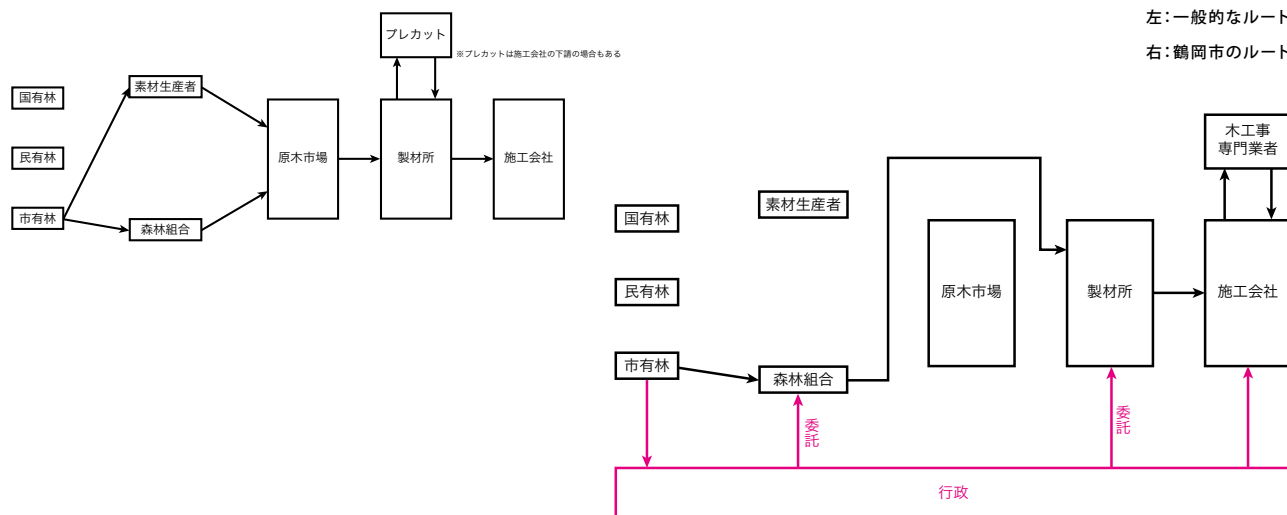


図8 木材が納入されるルート（市有林を使う場合）

鶴岡市では、次年度（2013年度）に予定している朝日中学校建設事業で市有林を使用する予定である。

図8は、市有林を使用することを前提にしたルートであり、図7とは行政の関わり方が異なる。行政の所有物である市有林を伐採し、製材・加工するため、伐採から関わらなければならない。行政が関わっている朱色の矢印は、実際の木材の物流ではなく契約上の商流を示している。

材工分離発注で地域産材を調達し、木造建築物を実現するためには、ここに説明した帳票関係や商流としての関わり方だけでなく、事業スケジュールの中でどのように木材のスケジュールを組むことができるかが鍵となる。図9は鶴岡市が各段階で行ってきたことを仮の事業スケジュールに当てはめたものである。

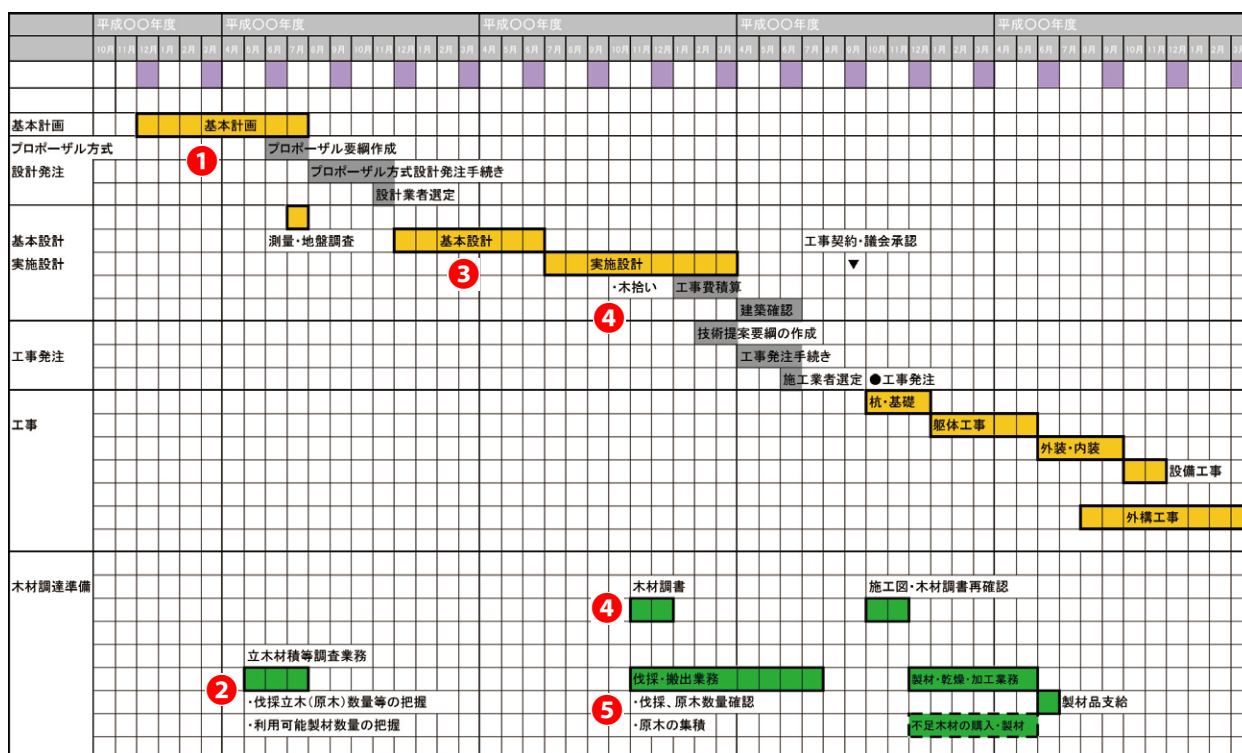


図9 事業スケジュールと木材調達時期

- ① 基本計画時に木造かRC造の判断を行う。その結果をプロポーザルの要綱に織り込む。
- ② 同時期に立木材積等の調査を行い、数量の把握や製材能力の確認を行っておく。
- ③ 基本設計を行いながら木材情報のやりとりを、森林関係者・行政・設計者の三者で行う。
- ④ 実施設計段階で、設計者が木材調書を作成する。
- ⑤ 材料発注(木材)を行い伐採を始める。

材工分離発注を選択した場合、上記の他にも複雑な問題(品質管理・瑕疵担保責任など)が生じる。それらの問題を解決しながら、鶴岡市では多くの木造公共建築物を建設してきた。その背景には、なぜ地域の木を利用するのか、という目的意識を関係者全員で共有することができたからであり、この意識の共有を行うことは計画を始めるに当たって大変重要なことである。

設計者の育成につなげる設計者選択(プロポーザル方式)の手法

昭和初期に地方自治体の計画する建築物はほとんどが木造だったが、現在はRC造が主流となっている。設計者が大規模木造建築物を設計できるよう、設計者選択の際に設計者を育成するような工夫が必要である。近年のそれらの手法を紹介する。



講師

三井所清典

(日本建築士会連合会会長・木造公共建築物等技術支援委員会委員長・芝浦工業大学名誉教授)



講義日

2012年12月3日(月)



事業者

愛知県豊田市

- 参考文献 *1 統合幼稚園新築及び現第一中学校の統合小学校への改築工事等設計業務委託に係る公募型プロポーザル関係書類一覧、会津坂下町役場 政策財務部 行政経営班、http://www.town.aizubange.fukushima.jp/Members/zaimukanri/contents/copy5_of_zaimu022.html
- *2 「JIA MAGAZIN」2011年8月号～2012年5月号特集 プロポーザル方式を考える、社団法人日本建築家協会
- *3 「平成23年度 木造公共建築物等の整備に係わる設計段階からの技術支援 事業報告書」、平成24年3月、一般社団法人木を活かす建築推進協議会P111
- *4 環境省エコハウスモデル事業 <http://www.env.go.jp/policy/ecohouse/introduction/index.html>

1. 大規模木造建築物を取り巻く歴史背景

昭和の初期における公共建築物の設計は官庁の担当者が行っており、県庁や大都市の公共施設を除けば建築物はほとんどが木造だった。

しかし昭和12年に大陸で日中戦争が始まった頃から軍需目的に木材を優先使用するため木材の統制令が出され、大規模な木造建築物の計画自体がなくなった。戦後は住宅における15坪の規模制限が昭和24年まで続くなど、応急の木造施設しか建設されない時代が続いた。

一方木材の生産については、戦中の木材利用によって全国の山がはげ山になり、戦後は必死にスギ、ヒノキ、カラマツを植林した。しかし、すぐには成長せず、戦後から近年までの長期にわたって大径木の木がなかったために、木造の公共建築物が建てられなかった。その間に輸入木材が大量に市場に出廻るようになって木材価格が下落し、一部の地域を除き国産木材関連産業が疲弊した。

また、昭和34年の伊勢湾台風で木造住宅が甚大な被害を受けたことを契機に日本建築学会から「建築防災に関する決議」における「木造禁止」が発表され、この影響もあり木造に関する研究・教育がなされなくなった。

そして、第二次世界大戦などの都市火災の体験から都市の不燃化を目指すこととなり、近代的な技術であるRC造の技術を設計者が率先して学び、昭和30年代の後半からは集合住宅や地方自治体の建築物などに少しずつ鉄筋・鉄骨・コンクリートが使用できるようになってきた。この頃は、まだRC造のことを知らない設計者が多く、セメントや鉄骨の保存方法や調合方法など、標準的な工法や仕様など学びながら設計も建築工事も進められた。この学びの時期を経て昭和40年代中頃から、多くの地方自治体でRC造が建てられるようになった。

その後、行政の方針としてなるべく民間に設計の仕事普及する努力がなされ、RC造の知識や技術を持つ民間に設計を委託するようになった。そして現在は多くの地方自治体で民間の力によって設計が進むようになり、RC造で計画されることが常態となっていった。このような流れの中で、行政内の木造の公共建築物の建設事業についての運営手法を知っている人がいなくなり、木造建築については公共団体内部において運営手法が伝達されなくなっていった。

昭和60年代に入ると戦後続けた植林によって森林も成長し、近い将来伐期を迎えるようになることを前提に、林野庁では木造で公共建築が可能であることを国民に理解してもらおうとモデル的な木造建築の建設を推進した。まず、欧米で発展している集材材による建築技術を導入し公共建築の木造化が図られた。

現在は山の木も育ち、国産木材が十分手に入るようになってきている。しかし、前述のように戦中・戦後にかけて大規模木造建築の研究・教育が停止していたことや、民間に大規模な木造建築の設計と工事の経験がなかったこと、地方自治体による木造建築物の計画が停止していたことなどのため、いざ大規模木造建築物を建設しようとしてもどこから手を付けてよいか分からない状況が生まれている。現在、木造建築物の計画が避けられる理由に防耐火や劣化の問題があげられているが、実は、「知らない」「RC造に慣れている」という理由で避けられていることがあるのではないかと。今の時代に大規模木造建築物を建てるには、昭和30年代のRC造と同じように勉強する必要がある。すなわち公共建築の木造化・木質化を推進するためには大規模木造建築に関係する林家・製材加工関連・設計者・施工者・研究者といった地域の人材を育成するような行政の取り組みが必要となる。

2. 設計者選定方式の実例2題

1.のような理由により、まずは、大規模木造建築物を設計できるよう設計者を育成する必要がある。そこで、設計者選定の段階で設計者を育成する手法を取り入れた2題を紹介する。

これらのように目的に合わせた選択手法を用いることで設計者の技能を底上げでき、まずは木造・木材を取り巻く生業の復活の一助とすることができるだろう。

①プロポーザルの条件設定に木材利用を条件とする

福島県会津坂下町における「統合幼稚園新築及び現第一中学校校舎の統合小学校への改修工事等設計業務委託」の公募型プロポーザル方式における設計業務委託において、木材を利用すること等が要領に盛り込まれた。

実施要領を図1に、参加資格を図2に示し、これにより選定された案を図3に示す。

実施要領(図1)では、技術提案書の内容の項目で、「工法・素材に関する提案(木材を使用した施設づくり)」(赤枠内)と明記しており、木材の使用を前提としている。

参加資格(図2)では、福島県内の設計者を育成することを主眼にしていることから、代表者を「福島県内に設計事務所を有している者」(青枠内)に限定している。その他、設計共同体でない者(1者で提案する場合)と設計共同体の者の2通りの参加資格枠を設けており、実績がない者でも実績のある者と組むことで参加することが可能である。これは実績のある者から実績のない者への技術の伝達を意図している。代表以外は福島県外の者を一員に加えることも可能で、県外の設計者の知識・技術を吸収することができるため、これも福島県の設計者の育成につながっている。

また近年、プロポーザルで設計計画の規模や何年以内に何件の実績数を示すことを要件(例:○年以内に延べ面積○㎡以上の物件を○件以上計画したことがあるもの等。)としているため実績のない設計者が育成されない問題がある*2。これについては、「教育施設の建築設計の実績を有する者であること。」(赤枠内)と実績を求めているが、その規模や何年以内等の詳細については限定しておらず、門戸を広げている。これは木造を前提にしたため実績数を問うと設計者が限られてしまう理由からではあるが、実績の少ない若い設計者を育てる意味でも実績を強く問わないことは重要である。

これらの結果、地域材を極力利用することを明記した案(図3)を提案した者が選定され、設計者は全て福島県内に設計事務所を有している設計者による設計共同体であった。

9. 技術提案書(様式4)について
(1) 提案の内容について

ア. 提案の的確性

- 土地利用に関する提案
- ゾーニング(動線計画等)、空間構成に関する提案
- 環境対策に関する提案
- ユニバーサルデザイン、園児・児童の安全が確保された施設、障がい者・高齢者への配慮に関する提案

イ. 提案の創造性

- 意匠に関する提案
- 景観形成に関する提案

ウ. 提案の実現性

- 経済性(イニシャル及びランニングコストの削減等)に関する提案
- 工法・素材に関する提案(木材を使用した施設づくり)**

エ. その他

- 設備を含め雪国に適した施設づくりに関する提案
- 採光・通風・日照を充分活かした施設づくりに関する提案

(2) 技術提案書は、設計者を選定するために必要な提案を求めるものであり、具体的な設計案を求めるものではない。
(3) 主催者は、設計者選定後、選定された設計者の提出案に拘束を受けないものとする。

図1 統合幼稚園新築及び現第一中学校の統合小学校への改修工事等設計業務委託に係る公募型プロポーザル実施要領(抜粋)

会津坂下町公告第2号
公募型プロポーザル方式による設計業務委託の実施について(公告)

公募型プロポーザル方式による建築基本設計及び実施設計業務委託を実施するため、次のとおり公告します。

平成28年1月7日 会津坂下町長 竹内 星 俊

1. プロポーザルの名称
統合幼稚園新築及び現第一中学校の統合小学校への改修工事等設計業務委託プロポーザル

2. 業務概要
(1) 業 務 名 統合幼稚園新築及び現第一中学校の統合小学校への改修工事等設計業務委託
(2) 業務内容 基本設計及び実施設計
(3) 履行期限 契約締結の日から平成28年3月26日まで

3. 選 定
(1) 選定方法
「統合幼稚園新築及び現第一中学校の統合小学校への改修工事等設計業務委託プロポーザル審査委員会」による書類審査及びプレゼンテーション・ヒアリング審査を行う。

4. 参加資格
(1) 単独企業として参加する場合
県に定める全ての条件を満たすこと。
ア. 福島県内に設計事務所を有していること
イ. 地方自治体の職行(昭和25年法律第16号)第167条の4の規定に該当しない者であること。
ウ. 建築士法(昭和25年法律第202号)第23条第1項の規定による一級建築士事務所の新設を受けている者であること。
エ. 建築士法第26条第2項の規定による一級建築士事務所の新設命令を受けていない者であること。
オ. 会津坂下町及び福島県から工事等の建築契約に係る指名停止を受けていない者であること。
カ. ウの建築に係る建築士事務所に関連する一級建築士が2名以上であること。

※ 教育施設の建築設計の実績を有する者であること。(建築設計実績には、統括意匠担当技術者等役割を明記すること。)

(2) 設計共同体として参加する場合
ア. 2者以上で構成する設計共同体であること。
イ. 構成員の代表者が福島県内に設計事務所を有している者であること。
ウ. 構成員は、(1)のイからオまでに掲げる条件をすべて満たす者であること。
エ. 構成員のうち1者以上が、(1)の___キに掲げる条件をすべて満たす者であること。
オ. 構成員の出資比率を定めており、代表者の出資比率が最も大きいこと。

6. 日 程
公告の期 1月7日(金)
「参加要領」の提出期間 1月7日(金)から1月28日(金)まで
現地説明会 2月2日(水)
「質問」の提出 2月2日(水)から2月7日(月)まで
「質問」に対する回答 2月14日(月)
「説明要領」の提出期間 2月14日(月)から2月23日(水)まで
第一次審査 2月28日(月)
第一次審査結果通知 3月10日(水)
第二次審査及びヒアリング 3月16日(水)
第二次審査結果発表 3月27日(水)

6. その他
その他、詳細は「統合幼稚園新築及び現第一中学校の統合小学校への改修工事等設計業務委託に係る公募型プロポーザル実施要領」によるものとする。
詳細要領は、会津坂下町ホームページにおいて公開する。
【交付時期】
1月15日(金)から2月23日(水)まで
【交付場所】
会津坂下町ホームページ
<http://www.town.sakabashi.fukushima.lg.jp/>

7. 事務局
会津坂下町教育委員会教育総務課
住所 会津坂下町5-5-5 会津坂下町字西田原6-5の5番地
電話: 242-833-2234
FAX: 242-822-2072

キ. 教育施設の建築設計の実績を有する者であること。(建築設計実績には、統括意匠担当技術者等役割を明記すること。)

(2) 設計共同体として参加する場合
ア. 2者以上で構成する設計共同体であること。
イ. 構成員の代表者が**福島県内に設計事務所を有している者であること。**
ウ. 構成員は、(1)のイからオまでに掲げる条件をすべて満たす者であること。
エ. 構成員のうち1者以上が、(1)の___キに掲げる条件をすべて満たす者であること。
オ. 構成員の出資比率を定めており、代表者の出資比率が最も大きいこと。

図2 プロポーザルの公告 参加資格*1

木育

木造公共建築物を建設する際には、木を利用する意義を明確に意識して計画し、建設後にその意識が継続する仕組みを作ることで、地域に木造公共建築物が普及する。

そこで小学校を例にとって、具体的な継続の仕組みを示す。



講師

山下晃功(あきのり)

(島根大学名誉教授・教育学部特任教授・木育プロデューサー)



講義日

2013年1月7日(月)



事業者

愛知県豊田市

- 参考文献 *1 公益社団法人 宮崎県森林林業協会:木育パネル
*2 山下晃功:木育教材「ロゴ木ー」の誕生、しまね木育ネットワーク
*3 木育.jp 木材のよさやその利用の意義を学ぶ教育活動

1. 建設時に木を利用する 基本理念(意義)を 意識する

木材は再生可能資源であり、適正管理下の森から樹木を伐採し、その木材を木造校舎などの建築物に使用することは、再生可能資源を使用することになる。これは、化石資源使用量を削減することにつながり、地球温暖化防止と持続可能社会構築に大きく貢献できる。

上記が建設時に木を利用する基本理念(意義)であり、現在、その啓発活動が行われているが、森林に対する意識には世代間によって違いがあり、いずれの世代にもまだ徹底・浸透していない。団塊の世代以前は木造校舎に学んだ経験があり郷愁やあたたかみを感じる者、またそれ以降の世代には新しい文化(センスの良)いとらえる者がいる。木造校舎に否定的な感情がそれほど多いわけではないのに木造校舎が建設されない背景には、否定はしないが肯定するに足る知識もないこと、どちらかと言えば伐採・利用のイメージよりも植林のイメージが優位であること(表1)が挙げられる。

そのため、木造校舎を使用する教職員・児童生徒・地域住民に「なぜ、今、木造校舎建設か?」という根拠・理由を理解できるようにする仕組みづくり(木育広場(後述)の設置など)が設計段階から必要である。木材利用による地球温暖化防止の観点や木造建築物や木質内装化が生理的・情緒的に優位である点を、まずは設計者が理解し、発注者・利用者と協力して設計を進めていく必要がある(表2)。

表1 木材利用を取り巻く教育

	京都議定書以前	京都議定書以降
森林に関係する行政の動き	植林・育成 小径の間伐材利用	伐期 主伐材の利用 小径～大径の間伐材利用
教育方針	戦中戦後の過度な伐採により森林が破壊され、渇水・水害の被害が多発した。 違法伐採された輸入材利用が環境破壊につながっている。 以上の2点から、木を伐ることは悪いという教育を受ける。	森林育成が地球温暖化防止に寄与する。 ただし、教科の中での学習はなく、木を使うことが炭素の固定になり、かつ森林育成につながるという事が十分に啓発されていない。

表2 木材利用のメリット

地球温暖化防止	木は再生可能資源であり地球温暖化防止と持続可能社会構築に大きく貢献できる。樹木の成長過程で炭素を固定するため、空気中の二酸化炭素を減らすことができる。鉄などは反対に生産時に大量の二酸化炭素を排出する。 戦後の禿げ山に植林した木が伐期を迎えており利用可能である。利用されない場合であっても健全な森林を維持するためには間伐が必要であり、伐り捨て間伐といって費用をかけて伐って山に放置し腐のを待つなどの別の対策を採ることになる。 木が燃やされたり腐ったりするまで炭素が固定されるため、建築物など寿命が長いものに利用されるほど固定期間が長くなる。
地域経済活性化	木を利用することによって地域の林業が栄え、建設業、設計業にも経済効果が波及し、地域の経済に好影響が期待される。
他の材料と比べ生理的に優位	視覚、触覚、聴覚、嗅覚で優位性がある。
他の材料と比べ心理・情緒面で優位	心が落ち着くといった優位性がある。
他の材料と比べ健康・安全面で優位	調湿、調温、結露防止、弾力性、ほどよい硬さ

表3 木育とは

「木育」とは、森林の有する機能や木材利用の意義等に対する国民の理解と関心を高めるため、身近な自然環境である里山林を活用しつつ、関係府省が連携した青少年等の森林体験活動の機会の提供、指導者の育成、国民生活に必要な物資としての木の良さやその利用の意義を学ぶ活動である(森林・林業基本計画(平成23年7月))。

2. 継続のための仕組みづくり

学校には必ず「建学の精神」がある。木造校舎を建設する際にもその精神が大切であり、建設後も継続してその精神を語り継ぐ仕組みを作っておくと、地域に木造公共建築物の建設が継続していく。発注者がそのような取り組みを行っていくことを理解し、設計に活かしていく必要がある。下に取り組み例を示す。

①小学校の理科の教材にする

現在の理科の教科書では草本植物の光合成の記述のみで木が地球環境に与える好影響についての記述がない。木本植物のCO₂固定について木造校舎を始め木造公共建築物を題材に理科もしくは総合学習として勉強できるようにする。学習の一環として、②に示す「木育広場」に設置するパネルの製作という手法も考えられる。

子供への教育はその親への教育にもつながる。また、子供が親になった時にも木材利用に対する意識が続く。

②木造校舎「建学の精神」の碑、額、パネルなどを設置

玄関、オープンスペース、ランチルーム、体育館、職員室、校長室等に木造校舎「建学の精神」の碑、額、パネルなどを設置する。

特にオープンスペースやランチルームには木育に関するパネル教材(図1、2)を設置しやすく、「木育広場」と称して活用するとよいと思われる。

③管理職(校長)の責務

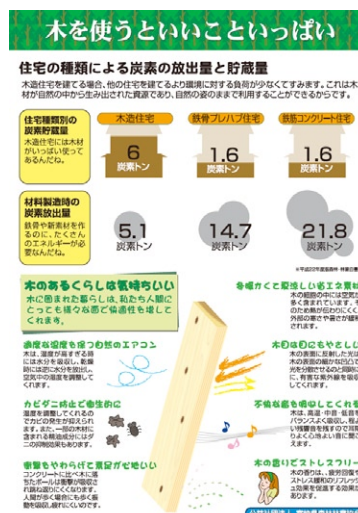
木造校舎の誕生日(建設記念日)や木の記念日(10月8日)の全校活動の際に校長から木造校舎の地球温暖化防止と持続可能循環型社会構築への貢献の講話をする。

兵庫県越知谷小学校では、木造校舎の成り立ちについてのDVDを校舎の見学者用に作成した。新任の先生や保護者向けにも上映するようになり木造公共建築物の建設の意義についての意識の継続につながっている。

④地域社会に開放する

通常、学校との関わりは学童のいる世帯のみであり、地域社会との関わりが一部のみに限られてしまう。地域の方に開放しやすい設計計画にし、学校に主体的に関わる住民を増やすと木造公共建築物の良さが世代を超えて伝えられる。

例えば、学校の木工室を一般向けに開放し木工サークルを開いている所やコミュニティルームを付属させ一般の方に貸し出すサービスを行っている所もある。

図1 木育パネル^{*1}(例)図2 光合成パネル^{*2}(例)